

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-037149

(43)Date of publication of application : 06.02.1996

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G03B 27/32  
G03F 7/207

(21)Application number : 07-072874

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.03.1995

(72)Inventor : IMAI YUJI

(30)Priority

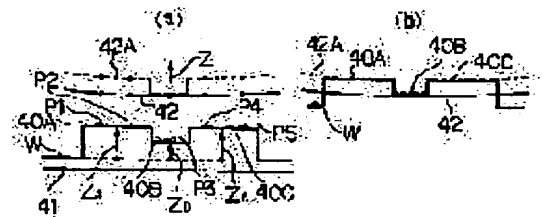
Priority number : 06103847 Priority date : 18.05.1994 Priority country : JP

## (54) PROJECTION TYPE ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform exposing by setting each shot region, under an optimum condition, to the focusing surface of a projection type optical system, not depending on the surface condition (projected or recessed) of the shot region of a photosensitive substrate.

CONSTITUTION: Position in the direction Z is detected at the measuring points P1 to P5 on the shot region of a wafer W and distribution of projected and recessed areas on the shot region is obtained from the detected result and known data of process structure. For instance, when a pattern of the narrowest line width is exposed to the pattern region 40B, a level difference (ZA-ZB) of the other region obtained with reference to that pattern region 40B is added as the offset to the height of the best focusing surface 42, considering the pattern region 40B as the reference surface for focusing. The pattern region 40B is focused to the best focusing surface 42 by setting the exposing surface to the focusing surface 42A after the addition.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3555230

[Date of registration] 21.05.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The projection optical system which projects a mask pattern on a photosensitive substrate, and the substrate stage which holds said substrate and positions said substrate in a flat surface vertical to the optical axis of said projection optical system, The focal leveling stage which adjusts the height of the tilt angle of said substrate, and the direction of an optical axis of said projection optical system of said substrate, The incident light study system which projects the image of the pattern for focal detection aslant to the optical axis of said projection optical system using a nonphotosensitivity light to said photosensitive substrate on the measure point of the plurality in the exposure field by said projection optical system, The light-receiving optical system which condenses the reflected light from said two or more measure points, and carries out re-image formation of the image of the pattern for the focal detection on said two or more measure points, Two or more photoelectrical detection means to generate the detecting signal corresponding to each amount of strike slips of two or more images in which re-image formation was carried out by this light-receiving optical system, In the projection aligner which has the control means which controls actuation of said focal leveling stage based on the detecting signal from these two or more photoelectrical detection means Each detecting signal of said photoelectrical detection means corresponding to said two or more measure points, And the projection aligner characterized by establishing an operation means to calculate the offset value for doubling the datum level of the focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every, based on the process structure of the exposure side of said substrate.

[Claim 2] Where the image of the pattern for said focal detection is projected into the exposure field by said projection optical system from said incident light study system It asks for the detecting signal of said photoelectrical detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in said exposure field by driving said substrate stage and running said substrate. The detecting signal of said photoelectrical detection means in two or more measure points when said operation means is distributed all over said, And the projection aligner according to claim 1 characterized by calculating the offset value for doubling the datum level of the focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every based on the process structure of the exposure side of said substrate.

[Claim 3] The projection aligner according to claim 1 or 2 characterized by making the flux of light used in case the image of the pattern for said focal detection is projected into the exposure field by said projection optical system from said incident light study system into the flux of light which has the bandwidth of 100nm or more.

[Claim 4] The projection aligner according to claim 1, 2, or 3 characterized by arranging the optical filter for carrying out entropy of the wavelength sensibility property of the flux of light used on the optical path to [ out of said incident light study system ] said two or more photoelectrical detection means in case the image of the pattern for said focal detection is projected into the exposure field by said projection optical system from said incident light study system.

[Claim 5] Said operation means is a projection aligner according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by amending the desired value according to the height of the image formation side by said projection optical system using the offset value independently calculated for said two or more measure points of every.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the projection aligner especially equipped with the focal detection equipment for focusing of a sensitization substrate about the projection aligner which imprints mask patterns, such as a circuit pattern, on the sensitization substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, with the projection aligner, in case projection exposure of the patterns (or photo mask etc.) of reticle is carried out through the projection optical system of high resolving power on sensitization substrates (a wafer, a glass plate, etc. with which the photoresist layer was applied), the activity which makes the exposure side of a sensitization substrate agree in accuracy in the image formation side of the pattern of reticle, i.e., focusing, serves as an indispensable thing. In recent years, while the depth of focus of a projection optical system becomes narrow, the actual condition is that the thing using i line with a wavelength of 365nm as illumination light for exposure is also obtained only for the depth of about \*\*0.7 micrometers. Furthermore, for the projection visual field of a projection optical system to tend to increase every year, to continue all over a large exposure visual field (for example, 22mm angle), and to secure the big depth of focus as much as possible is desired.

[0003] thus, in order to perform focusing good all over a large exposure visual field, make it any -- it is required that both the surface smoothness of the subregion on the sensitization substrate which enters in the exposure visual field (shot field) and surface smoothness (namely, a curvature of field and image surface dip are small) of an image formation side should be good. Among these, although the place for which it depends on the optical-character ability of the projection optical system itself about a curvature of field and image surface dip is large, the flatness of reticle and parallelism may become a factor. on the other hand, although the display flatness of every subregion on a sensitization substrate, i.e., 1 time of a projection exposure field, (shot field) is boiled to that extent with a sensitization substrate and is different, when only a minute amount leans the electrode holder holding a sensitization substrate, it is possible to set the front face and image formation side of a shot field on a sensitization substrate as parallel.

[0004] Thus, as the technique of also taking into consideration the inclination of the front face of one shot field on a sensitization substrate, and performing focusing, the technique indicated by JP,58-113706,A, JP,55-1348,A, etc. is known. In JP,55-1348,A, the spot of a light beam is projected on four on a sensitization substrate especially through a projection optical system, and the technique of carrying out photoelectrical detection of the spot image by the reflected light, and performing focusing of a sensitization substrate and inclination amendment (leveling) is indicated.

[0005] However, since the latest semiconductor device etc. accumulates the pattern of much complicated structure on a substrate and is manufactured, the surface smoothness of the exposure side on a sensitization substrate tends to worsen. Therefore, the condition of the irregularity in the shot field on a sensitization substrate is measured, and development of the technique of doubling the average field of that shot field with the image formation side by the projection optical system in consideration of this measurement result is performed. For example, it sets to JP,2-198130,A. Fix the location of the direction of an optical axis of the projection optical system of a sensitization substrate, and the sensitization substrate is moved. By measuring the location (focal location) of the direction of an optical axis of a projection optical system in two or more measure points in the shot field on a sensitization substrate, and calculating the average of this measurement result The field location detection approach of calculating the offset value of the focal location resulting from the structure of the pattern in the shot field or a difference of arrangement is indicated. By this approach, the average focal location in consideration of the irregularity in a shot field is measured by

applying that offset value to the measurement result of the focal location in the measure point of each shot field, for example, a center.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional projection aligner, the offset value of a focal location was calculated as mentioned above by equalizing the focal location measured in two or more specific measure points in a predetermined shot field. However, actually, by process structures (arrangement, a level difference, etc. of a pattern), the condition of the irregularity of the exposure side of each shot field of a sensitization substrate is various, and cannot ask accuracy for the configuration of the average field of each shot field only by equalizing the focal location in two or more specific measure points. Therefore, there is inconvenience that the case where the average field of each shot field cannot be stored within the limits of the depth of focus to the image formation side of a projection optical system according to an exposure process if arrangement, a level difference, etc. of the pattern in each shot field on a sensitization substrate change arises.

[0007] Moreover, even when it seemed that he wants the field where the average field of each shot field is not doubled with an image formation side, for example, a pattern with the narrowest line breadth is exposed in each shot field to focus preponderantly, it was difficult to double the field [ a field ] to make it focus preponderantly with an image formation side by the conventional approach. This invention does not depend on the condition of the irregularity of each shot field of a sensitization substrate in view of this point, but it aims at offering the projection aligner which can be exposed by doubling each shot field with the image formation side by the projection optical system in the optimal condition.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The projection optical system to which the projection aligner by this invention projects a mask pattern (R) on a photosensitive substrate (W) (PL), The substrate stage which holds the substrate and positions the substrate in a flat surface vertical to the optical axis (AX) of a projection optical system (PL) (21), The focal leveling stage which adjusts the height of the tilt angle of the substrate, and the direction of an optical axis of the projection optical system (PL) of the substrate (20), The incident light study system which projects the image (ST) of the pattern for focal detection aslant to the optical axis (AX) of a projection optical system (PL) at two or more measure points (P1-P5) in the exposure field (SA) by the projection optical system (PL) using a nonphotosensitivity light to the photosensitive substrate (1-6), The light-receiving optical system which condenses the reflected light from the measure point of these plurality, and carries out re-image formation of the image of the pattern for the focal detection on the measure point of these plurality (7-10), Two or more photoelectrical detection means to generate the detecting signal corresponding to each amount of strike slips of two or more images in which re-image formation was carried out by this light-receiving optical system (15, 13, 17), In the projection aligner which has the control means (30 18) which controls actuation of a focal leveling stage (20) based on the detecting signal (FSa-FSe) from the photoelectrical detection means of these plurality The process structure of the detecting signal of a photoelectrical detection means in the measure point of these plurality to correspond, and the exposure side of a substrate (W) (arrangement a pattern) Based on a level difference etc., an operation means (30B) to calculate the offset value for doubling the datum level (40B) of the focus on a substrate (W) with the image formation side (42) by the projection optical system (PL) independently for every measure point of these plurality is established.

[0009] In this case, where the image (ST) of the pattern for that focal detection is projected into the exposure field (SA) by the projection optical system (PL) from that incident light study system By driving a substrate stage (21) and running a substrate (W) It asks for the detecting signal of a photoelectrical detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in an exposure field (SA). An operation means (30B) The detecting signal of the photoelectrical detection means in two or more measure points distributed all over the, And it is desirable to calculate the offset value for doubling the datum level (40B) of the focus on the substrate with the image formation side (42) by the projection optical system (PL) independently for every measure point of these plurality based on the process structure of the exposure side of the substrate.

[0010] Moreover, it is desirable to make the flux of light (IL) used in case the image (ST) of the pattern for focal detection is projected into the exposure field (SA) by the projection optical system (PL) from the incident light study system into the flux of light which has the bandwidth of 100nm or more. Moreover, it is desirable to arrange the optical filter (60) for carrying out entropy of the wavelength sensibility property of the flux of light used on the optical path to [ out of the incident light study system ] the photoelectrical detection means of these plurality in case the image (ST) of the pattern for focal detection is projected into

the exposure field by the projection optical system (PL) from the incident light study system.

[0011] Furthermore, as for an operation means (30B), it is desirable to amend the desired value according to the height of the image formation side (42) by the projection optical system (PL) using the offset value independently calculated for every measure point of these plurality.

[0012]

[Function] According to this invention, as shown, for example in drawing 8 (a), the image of the pattern for focal detection is projected on the measure point (P1-P5) of the plurality in the exposure field by the projection optical system on a substrate (W). Re-image formation of these images is carried out by light-receiving optical system, and the detecting signal (FSa-FSe) corresponding to the amount of strike slips of the image by which re-image formation was carried out is outputted from a photoelectrical detection means (for example, pixel in the array sensor 15 of drawing 7). By the oblique incidence method, since the amount of strike slips of these images by which re-image formation is carried out is proportional to the location (focal location) of the direction of an optical axis of the projection optical system (PL) of a corresponding measure point mostly, the focal location (these are set to Z1 -Z5) of the measure point which corresponds from these detecting signals is called for.

[0013] However, actually, as shown in drawing 8 (a), the pattern which is irregular with the exposure process till then etc. may be formed in the exposure side of a substrate (W). Moreover, when there is such irregularity and the field (for example, it turns out that it is the field which became depressed from the periphery) where a pattern with the narrowest line breadth is exposed is made into a field (40B), it is desirable to double this field (40B) with an image formation side (42). In this case, since the value (focal location) of the detecting signal measured, for example in the measure point (P3) is the smallest, it turns out that that measure point (P3) is on a field (40B). Then, let the detecting signal corresponding to the difference (ZA-ZB) of the height of the datum plane (40B) and other exposure sides (40A, 40C) be an offset value in other measure points (P1, P2, P4, P5) based on the data of a process structure as a datum plane of the focus on a substrate (W) by the field (40B). Moreover, the offset value in a measure point (P3) is 0.

[0014] Then, if focus and leveling are performed based on the value which deducted the offset value from the detecting signal detected actually, for example, as shown in drawing 8 (b), datum level (40B) will focus to an image formation side (42). As two or more measure points (P1-P5) on a substrate (W) show drawing 5, moreover, when [ of an exposure field (SA) ] mostly arranged on the diagonal line By scanning a substrate (W) in the predetermined direction (the direction of X) to the projection image of the pattern for the focal detection on these measure points (P1-P5), the detecting signal in the measure point of the exposure field (SA) mostly distributed over the whole surface is obtained. Therefore, even when complicated concavo-convex distribution is all over that exposure field (SA), let the detecting signal corresponding to the difference of the height of this datum level and other parts be an offset value in each measure point by making into datum level the predetermined part (for example, field where a pattern with the narrowest line breadth is exposed) of the front face of that concavo-convex distribution. Thereby, the datum level can be made to focus.

[0015] Next, other examples of the procedure for performing the focus and leveling For example, in drawing 8 (a), it is first based on the detecting signal by the photoelectrical detection means, and a process structure. It is calculating the offset value according to the difference (ZA-ZB) of the height from datum level (40B) to other fields (40A, 40C), and adding this offset value to the level of the detecting signal according to the height of an image formation side (42). The field corresponding to this addition result turns into a field (42A) as shown with a broken line. By controlling the height of a substrate (W) there with a least square method, so that the difference of the detecting signal and the detecting signal of a field (42A) of each measure point (P1-P5) becomes min, as shown in drawing 8 (b), datum level (40B) focuses to a actual image formation side (42).

[0016] Moreover, when the flux of light (IL) used in case the image (ST) of the pattern for focal detection is projected into the exposure field (SA) by the projection optical system (PL) from the incident light study system is made into the flux of light which has the bandwidth of 100nm or more, the adverse effect of thin film interference with the sensitive material (photoresist etc.) on a photosensitive substrate (W) etc. is mitigated. Moreover, on the optical path to [ out of an incident light study system ] the photoelectrical detection means of these plurality When the optical filter (60) for carrying out entropy of the wavelength sensibility property of the flux of light used in case the image (ST) of the pattern for height detection is projected into the exposure field by the projection optical system (PL) from the incident light study system has been arranged Even if the optical intensity distribution for every wavelength of the illumination light for focal detection are uneven like drawing 15 (a) As shown in drawing 15 (d), the wavelength property of the

detecting signal obtained from a photoelectrical detection means becomes flat by setting up permeability distribution of the optical filter (60) like drawing 15 (b), so that it may become the optical intensity distribution with the property of reverse mostly. Therefore, height detection can be performed to accuracy, without being greatly influenced by the signal of specific wavelength.

[0017]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per example of the projection aligner by this invention. Drawing 1 is drawing showing the focal detection system of a TTL (through THE lens) method which detects the best focus side (image formation side) of a projection optical system among the projection aligners of this example. In drawing 1, the reticle R by which pattern space PA of the circuit for real device manufacture was formed in the underside is held at the non-illustrated reticle electrode holder. The optical axis AX of the projection optical system PL which divided into the pre-group and the rear group across the drawing side (pupil surface) EP, and was expressed typically passes along the core of Reticle R, i.e., the core of pattern space PA, vertically to the reticle pattern side. The Z-axis is taken to the optical axis AX at parallel, and a Y-axis is taken for the X-axis at right angles to the space of drawing 1 to parallel in a flat surface vertical to the Z-axis at the space of drawing 1.

[0018] Z and the leveling stage 20 which holds the wafer W with which the photoresist was applied under the projection optical system PL are formed on X-Y stage 21. Z and the leveling stage 20 control the tilt angle of Wafer W, and performs leveling while only a slight amount (for example, less than \*\*100 micrometers) moves Wafer W in the optical-axis AX direction and it performs focusing. Moreover, X-Y stage 21 carries out two-dimensional migration of the wafer W in XY flat surface vertical to an optical axis AX, and the coordinate of the direction of X of X-Y stage 21 and the direction of Y is always measured by the non-illustrated laser interferometer.

[0019] Furthermore, the reference mark plate FM is being fixed to the top face of Z and the leveling stage 20 in the height location almost equal to the front face of Wafer W. The slit mark ISy of the structure which has arranged two or more transparency mold slits extended in the direction of X, respectively as shown in this reference mark plate FM at drawing 2 (a) at constant pitch in the direction of Y, the slit mark ISa extended aslant is formed in the direction which the direction of X and the direction of Y look like [ the slit mark ISx of the structure arranged at constant pitch in the direction of X ] two or more transparency mold slits extended in the direction of Y, respectively, receives, and becomes 45 degrees. These slit marks ISx, ISy, and ISa vapor-deposit a chromium layer (protection-from-light layer) all over the front face of the reference mark plate FM made from a quartz, and engrave it there as area pellucida.

[0020] Under return and the reference mark plate FM (interior of Z and the leveling stage 20), the injection edge of Miller M1, the objective lens 50 for lighting, and an optical fiber 51 is prepared, it is condensed by drawing 1 with an objective lens 50, and the illumination light from the injection edge of an optical fiber 51 irradiates both the slit marks ISx, ISy, and ISa on the reference mark plate FM from a background at it. A beam splitter 52 is formed in incidence one end of an optical fiber 51, and the illumination light IE for exposure is introduced into an optical fiber 51 through a lens system 53. Although it is desirable to obtain from the light sources for the lighting of Reticle R (a mercury lamp, excimer laser, etc.) as for the illumination light IE, the light source of dedication may be prepared independently. However, when making it another light source, it is necessary to make it the illumination light of the same wavelength as the illumination light for exposure, or the wavelength very near it.

[0021] Moreover, the lighting conditions of the reference mark plate FM by the objective lens 50 are doubled with the lighting conditions in the projection optical system PL at the time of pattern projection as much as possible. namely, the numerical aperture (N.A.) of the illumination light by the side of the image of a projection optical system PL and the numerical aperture (N.A.) of the illumination light from the objective lens 50 to the reference mark plate FM -- about -- it is made to do one Now, with such a configuration, if the illumination light IE is introduced into an optical fiber 51, from the slit marks ISx, ISy, and ISa on the reference mark plate FM, the image flux of light which carries out incidence to a projection optical system PL will occur. In drawing 1, the location of the optical-axis AX direction of Z and the leveling stage 20 shall be set up so that the front face of the reference mark plate FM may be slightly located caudad from the best image formation side (conjugation side with reticle) Fo of a projection optical system PL. It passes along the core of the pupil surface EP of a projection optical system PL, after condensing in the field [ side / of Reticle R / pattern ] Fr below shifted slightly, it emits, and the image flux of light L1 generated from one on the reference mark plate FM at this time returns the original optical path, after reflecting in respect of the pattern of Reticle R. Field Fr is optically located with the reference mark plate FM about a projection optical system PL here in a location [ \*\*\*\* ]. It returns so that the image flux of light from the slit marks ISx, ISy,

and ISa of the reference mark plate FM may reflect regularly that a projection optical system PL is both-sides telecentric system on the underside (pattern side) of Reticle R and it may superimpose on the slit marks ISx, ISy, and ISa again.

[0022] However, if the reference mark plate FM has shifted from the image formation side Fo like drawing 1 When the reflected image to which each slit marks ISx, ISy, and ISa faded is formed on the reference mark plate FM and the reference mark plate FM is in agreement with the image formation side Fo Field Fr will also be in agreement with the pattern side of Reticle R, and on the reference mark plate FM, the sharp reflected image of each slit marks ISx, ISy, and ISa will be overlapped on each mark, and will be formed. Drawing 2 (b) expresses typically the relation of the slit mark ISx and a reflected image IMx when the reference mark plate FM has defocused. It is projected on the both-sides tele cent slit mark ISx whose reflected image IMx is an own source in this way in the rucksack projection optical system PL. And if the reference mark plate FM has defocused, a reflected image IMx will become larger than the geometry of the slit mark ISx, and the illuminance per unit area will also fall.

[0023] Then, the flux of light of the image part which was not shaded by the original slit marks ISx, ISy, and ISa among the reflected images made on the reference mark plate FM is led to an optical fiber 51 through Miller M1 and an objective lens 50, and the flux of light injected from the optical fiber 51 is received by the photoelectrical sensor 55 through a beam splitter 52 and a lens system 54. The light-receiving side of the photoelectrical sensor 55 is arranged in the pupil surface (Fourier transform side) EP of a projection optical system PL, and the location [ \*\*\*\* / almost ]. In the configuration of drawing 1 , the contrast signal for determining the image formation side of a projection optical system PL can be acquired only by moving Z and the leveling stage 20 in the vertical direction (Z direction).

[0024] Drawing 3 (a) and (b) express the signal level property of the output signal KS of the photoelectrical sensor 55, respectively, and an axis of abscissa expresses the location of the Z direction of Z and the leveling stage 20, i.e., the height location of the optical-axis AX direction of the reference mark plate FM. Moreover, drawing 3 (a) shows signal level when back projection of the slit marks ISx, ISy, and ISa is carried out to the chromium part within the pattern side of Reticle R, and drawing 3 (b) shows signal level when back projection of these slit mark is carried out to the square within a pattern side (transparency part). usually, the chromium part of reticle is vapor-deposited by the glass (quartz) plate by the thickness of about 0.3-0.5 micrometers, and the reflection factor of a chromium part is alike [ from the reflection factor of a square ] with a natural thing, and large. however, the reflection factor in a square -- perfect -- zero -- \*\*\*\*\* -- since -- although it becomes quite small as signal level like drawing 3 (b), a square is also possible for detection. Moreover, generally, since the reticle for real device manufacture has the high pattern consistency, it is thought that there are very few probabilities which apply simultaneously all the back projection images of the slit marks ISx, ISy, and ISa to the square in a reticle pattern (transparency part).

[0025] in the case of which, carry out -- if it is moved in the direction of an optical axis AX so that the front face of the reference mark plate FM may cross the best image formation side Fo -- location Z0 of a Z direction The level of an output signal KS serves as the maximal value. Therefore, the location and output signal KS of a Z direction of Z and the leveling stage 20 are measured simultaneously, the location of the best image formation side Fo can be found by detecting the location of a Z direction when the level of an output signal KS becomes the maximum, and, moreover, it becomes detectable [ the best image formation side Fo ] by this detection method in the location of the arbitration in Reticle R. Therefore, if Reticle R is set to the body side of a projection optical system PL, is clear and is, a focal location (the best image formation side Fo) is measurable absolutely in the location of the arbitration within a projection visual field at any time. Moreover, as stated previously, the chromium layer of Reticle R is 0.3-0.5-micrometer thickness, if the detection error of the best image formation side Fo produced with this thickness sets the projection scale factor of a projection optical system PL to one fifth (cutback), it will become  $x(0.3-0.5) (1/5)$  two, i.e., 0.012-0.02 micrometers, and most this is the value which can be disregarded.

[0026] Next, although AF system (focal location detection system) of the oblique incidence light type of this example is explained with reference to drawing 4 , a multipoint AF system shall be adopted here. With a multipoint AF system, the point of measurement which measures a location gap (the so-called focal gap) of the direction of an optical axis of Wafer W is established in two or more [ in the projection visual field of a projection optical system PL ]. In drawing 4 , the nonphotosensitivity illumination light IL illuminates the slit plate 1 to the photoresist on Wafer W. And the light which passed along the slit of the slit plate 1 irradiates Wafer W aslant through a lens system 2, Miller 3, drawing 4, the objective lens 5 for floodlighting, and Miller 6. If the front face of Wafer W is located in the best image formation side Fo of a



projection optical system PL at this time, image formation of the image of the slit of the slit plate 1 will be carried out to the front face of Wafer W with a lens system 2 and an objective lens 5. Moreover, it is set up for about 5-12 degrees being in the include angle on the optical axis of an objective lens 5, and the front face of a wafer, and the core of the slit image of the slit plate 1 is located in the point that the optical axis AX of a projection optical system PL intersects Wafer W.

[0027] Now, the flux of light of the slit image reflected with Wafer W carries out re-image formation of the slit image on the slit plate 14 for light-receiving through Miller 7, the objective lens 8 for light-receiving, a lens system 9, oscillating Miller 10, and a plane-parallel plate (plane parallel) 12. Oscillating Miller 10 makes the minute oscillation of the slit image made on the slit plate 14 for light-receiving carry out in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction, and the plane parallel 12 shifts the slit on the slit plate 14, and the relative relation based on [ of the slit image by the reflected light from Wafer W ] oscillating in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of a slit. And oscillating Miller 10 vibrates by the Miller actuator (M-DRV) 11 driven with the driving signal from an oscillator (OSC) 16.

[0028] In this way, if a slit image vibrates on the slit plate 14 for light-receiving, the flux of light which penetrated the slit plate 14 will be received by the array sensor 15. This array sensor 15 divides the longitudinal direction of the slit of the slit plate 14 into two or more minute fields, the light-receiving pixel according to individual is arranged for every minute field, and a silicon photodiode or a photo transistor is used as an optoelectric transducer. the signal from each light-receiving pixel of the array sensor 15 -- the selector circuit 13 -- minding -- selection -- or grouping is carried out and the synchronous-detection circuit (PSD) 17 is supplied. The AC signal of the same phase as the driving signal from an oscillator 16 is supplied to this synchronous-detection circuit 17, and synchronous detection is performed on the basis of the phase of this AC signal.

[0029] In order to carry out the synchronous detection of each output signal of two or more light-receiving pixels with which the synchronous-detection circuit 17 was chosen from the array sensors 15 at this time according to an individual, it has two or more detector circuits, and each of that detection output signal FS is supplied to the main control unit (MCU) 30. Each detection output signal FS is called the so-called S curve signal, when the slit core of the slit plate 14 for light-receiving and the oscillating core of the reflective slit image from Wafer W are in agreement, it serves as zero level, and while Wafer W is displacing from the condition to the upper part and forward level and Wafer W are displacing caudad, it is set to negative level. Therefore, the height location of the exposure side (for example, front face) of the wafer W in case the detection output signal FS is set to zero level is detected as a focusing point. However, guarantee that it is surely in agreement with the best image formation side Fo always does not have the height location of the wafer W which became a focusing point (the detection output signal FS is zero level) by such oblique incidence method. That is, guarantee that continue at a long period of time and it is in agreement although it is set up by imagination datum level and the best image formation side Fo so that the detection output signal FS from the synchronous-detection circuit 17 may be set to zero level when it has the imagination datum level decided by the system itself by the oblique incidence method and the exposure side of Wafer W is in agreement with the imagination datum level, and it may be in agreement as much as possible at the time of equipment manufacture etc. \*\*s. Then, coincidence (or convention of physical relationship) with the imagination datum level and the best image formation side Fo can be aimed at by leaning the plane parallel 12 in drawing 4 under control by the main control unit 30, and making the variation rate of the imagination datum level carry out in the optical-axis AX direction.

[0030] Moreover, the main control unit 30 inputs the output signal KS from the photoelectrical sensor 55 of drawing 1. The function which carries out the calibration of the multipoint AF system of an oblique incidence method, the function to set up the inclination of the plane parallel 12, The function which outputs a command signal DS to the actuator (Z-DRV) 18 which drives the motor 19 for actuation of Z and the leveling stage 20 based on each detection output signal FS of a multipoint AF system, And it has the function which controls the actuator (a motor and its control circuit are included) 22 for driving X-Y stage 21.

[0031] Drawing 5 is drawing which looked at the physical relationship of the projection visual field If of a projection optical system PL, and slit image ST from a multipoint AF system on the front face of Wafer W. Generally the projection visual field If is circular, and the shot field SA where the pattern image of pattern space PA of Reticle R is projected serves as a rectangle contained in [ the ] circular. the X-axis which is also a migration axis of coordinates of X-Y stage 21, and a Y-axis boil slit image ST, respectively, it receives, is leaned about 45 degrees, and is projected on Wafer W. Therefore, the projection to the wafer W of both the



optical axis AFx of the objective lens 5 for floodlighting and the objective lens 8 for light-receiving is extended in the direction which intersected perpendicularly with slit image ST. Furthermore, it is determined that the core of slit image ST is mostly in agreement with an optical axis AX. With such a configuration, slit image ST is set up so that it may be extended in the shot field SA as for a long time as possible.

[0032] Generally the circuit pattern which has irregularity according to the exposure process till then etc. is formed in the shot field SA. In this case, whenever it passes through the process of device manufacture, the variation of the condition of that irregularity may increase, and also in the longitudinal direction of slit image ST, the condition of that irregularity may change a lot. When arranging two or more chip patterns in one shot field especially, the scribe line for separating each chip pattern will be extended and formed in the direction of X, or the direction of Y in a shot field, and the level difference of 2 micrometers or more may arise in the case of being extreme, between the point on a scribe line, and the point on a chip pattern. Since the shot array on a design, the chip size in a shot, etc. show beforehand in which part in slit image ST a scribe line is located, it can be recognized the reflected light from any of a circuit pattern or a scribe line the reflected light from the part of the arbitration of the longitudinal direction of slit image ST is.

[0033] Drawing 6 shows the condition of having separated the slit plate 14 for light-receiving, and the array sensor 15, and in this drawing 6, the slit plate 14 vapor-deposits a chromium layer (light-shielding film) on a glass substrate on the whole surface, and forms a transparent slit in that part by etching. This slit plate 14 is fixed on maintenance frame 14A, and on printed circuit board 15A, such as ceramics which holds the array sensor 15 for this maintenance frame 14A, the screw thread which is not illustrated [ for example, ] is used and it fixes. The slit of the slit plate 14 becomes the array and parallel of the single dimension of the array sensor 15 of a light-receiving pixel, and is stuck by this. Thus, although it made it better for the slit plate 14 and the array sensor 15 to stick or approach as much as possible, they may establish an image formation lens system between the slit plate 14 and the array sensor 15, and may make conjugate optically the slit plate 14 and the array sensor 15. In addition, although the die length on the wafer W of slit image ST shown by previous drawing 6 changes also with diameters of the projection visual field If, when the diameter of the projection visual field If is around 32mm, it is desirable [ die length / the scale factor of a projection optical system PL is 1/5 (cutback), and ] to make it 1 time -1 of the diameter of the projection visual field If / about 3 times.

[0034] Now, drawing 7 shows an example of the concrete circuitry of the array sensor 15, the selector circuit 13, the synchronous-detection circuit 17, and the main control unit 30, in this drawing 7, the selector circuit 13 consists of five selector circuits 13A-13E, and the synchronous-detection circuit 17 also consists of five synchronous-detection circuits 17A-17E. And the light-receiving pixel of the array sensor 15 is divided into five group Ga-germanium, and one light-receiving pixel is chosen from the inside of each group by the selector circuit 13, respectively. In this case, group Ga-germanium detects the slit image before and behind five measure points P1-P5 which met slit image ST of drawing 5, respectively. Moreover, in the selector circuits 13A-13E, the detecting signal of the light-receiving pixel which receives the slit image on a measure point P1 - P5 shall be chosen as an example here.

[0035] Concretely, in the group Ga of the light-receiving pixel of the array sensor 15, two or more light-receiving pixels are contained, the light-receiving pixel which detects the image on a measure point P1 within these light-receiving pixel by selector circuit 13A is chosen in drawing 7, and the output signal of this light-receiving pixel is supplied to synchronous-detection circuit 17A. In addition, selector circuit 13A chose as arbitration two adjoined in [ other than the function to choose one of the light-receiving pixels in Group Ga of arbitration and to send the output signal to synchronous-detection circuit 17A ] Group Ga, or three light-receiving pixels, and is equipped also with the function to send the signal adding those output signals to synchronous-detection circuit 17A. Similarly, the output signal from each light-receiving pixel in group Gb-germanium is also chosen within selector circuit 13B - 13E, respectively, and the selected output signal is supplied to the synchronous-detection circuits 17B-17E, respectively.

[0036] The synchronous-detection circuits 17A-17E receive the fundamental-wave AC signal from an oscillator 16, respectively, and output detection output signal FSa-FSe. These detection output-signal FSa-FSe is changed into digital data, respectively by analog-to-digital converter (ADC) 30A in the main control unit 30, and is supplied to amendment operation part 30B and deviation detection section 30C. While the data (the data of concavo-convex distribution of an exposure side and a concavo-convex level difference are included) about the process structure of the wafer concerned are also supplied from exposure process-data storage section 30F, the offset value for a signal calibration is also supplied to amendment operation part 30B from storage section 30D. And as an example, based on the value of focal gaps of five detection output signals, i.e., the amount of five on a wafer, the data about a process structure, etc., amendment operation part

30B computes the detection output value corresponding to the target position in the Z direction of each measure point on a wafer, and supplies the value to deviation detection section 30C. This deviation detection section 30C detects the deflection of the output value from amendment operation part 30B, and the detection output value from ADC30A, and supplies the command signal DS which lessens this deflection to the actuator 18 of drawing 4.

[0037] More concretely, an actuator 18 is controlled by deviation detection section 30C with a least square method so that the sum of squares of the deflection of the detection output signal and detection output signal F<sub>Sa</sub>-F<sub>Se</sub> from ADC30A which are made into the target from amendment operation part 30B, for example becomes min. Thereby, the location of the Z direction of Z and the leveling stage 20 and a tilt angle are controlled, and a focus is performed so that the average field of the measure points P1-P5 of drawing 5 may agree in the image formation side of a projection optical system PL.

[0038] In addition, in drawing 5, since measure points P1-P5 are arranged on 1 straight line, the tilt angle controlled is only a tilt angle centering on a straight line vertical to slit image ST on the front face of Wafer W. for controlling the biaxial surrounding tilt angle biaxial and the front face on Wafer W cross at right angles -- these measure points P1-P5 -- two-dimensional -- arranging (for example, it forming so that two or more pattern images may be arranged in parallel or it may be made to cross mutually) -- or what is necessary is to scan the shot field SA on Wafer W in the predetermined direction to slit image ST like the after-mentioned, and just to measure height distribution on the whole surface of the shot field SA

[0039] Moreover, in drawing 7, the offset value beforehand memorized by storage section 30D is measured by calibration-value decision section 30E, and is computed, and calibration-value decision section 30E asks for the deflection of the imagination datum plane and the imagination best focus side Fo of a multipoint AF system as a deflection electrical potential difference from the zero level on a detection output from the output signal KS of five detection output signal F<sub>Sa</sub>-F<sub>Se</sub> and the photoelectrical sensor 55. In calibration-value decision section 30E, an analog-to-digital converter, wave memory, etc. for carrying out the digital sampling of each level and Signal KS (referring to drawing 3) of five detection outputs simultaneously are contained.

[0040] With reference to drawing 9, the concrete example of a configuration of calibration-value decision section 30E is explained here. First, absolutely, the output signal KS from the photoelectrical sensor 55 of a focal detection system is inputted into an analog-to-digital converter (ADC) 300, is changed into the digital value corresponding to the signal level of a TTL (through THE lens) method, and is memorized by RAM301 as memory. Although addressing of this RAM301 is performed by the counter 304, each of counting of a counter 304 and conversion timing of ADC300 synchronizes with a clock pulse from a clock generator (CLK) 303. Similarly, one of the five detection output-signal F<sub>Sa</sub>-F<sub>Se</sub> is supplied to ADC305 through a selecting switch 308, and the digital value changed here is memorized by RAM306 addressed by the counter 307. Therefore, the wave which changes in time [ one detection output signal which output-signal-KS(ed) and was chosen as RAM301,306, respectively ] is incorporated. The wave in these RAM301,306 is used as processed data at the time of performing smoothing, maximal value detection, etc. in the data-processing section 310.

[0041] In addition, the data-processing section 310 outputs the driving signal for moving the core of the slit marks IS<sub>x</sub>, IS<sub>y</sub>, and IS<sub>a</sub> of drawing 2 (a) to the location of each measure point of a multipoint AF system to the actuator 22 for the X-Y stages of drawing 4 while outputting the signal for controlling the uniform migration to the Z direction of Z and the leveling stage 20 to an actuator 18, in order to incorporate a signal wave form to RAM301,306.

[0042] Drawing 10 (a) shows the change property of one detection output signal FS, and when it is fixed within the limits which includes a best focus side in a Z direction and uniform migration of Z and the leveling stage 20 is carried out, it corresponds to the data point stored in RAM306. Moreover, drawing 10 (b) expresses the wave of the signal KS then stored in RAM301. Since a synchronous-detection signal becomes a wave almost symmetrical with a point centering on a zero point, about the data of negative level smaller than a zero point, it also takes negative level into consideration and analog-to-digital conversion is carried out.

[0043] It is T1 the event of the data-processing section 310 analyzing the wave, since the wave of the signal KS which takes the maximal value shown in drawing 10 (b) in RAM301 of drawing 9 was stored in the address corresponding to time amount t, and the maximum point being acquired. It asks. Next, the data-processing section 310 is T1 at the event in RAM306. It asks for the corresponding address point and level deltaFS of the detection output signal FS memorized by this address point is calculated. In the point of measurement of the multipoint AF system which this level deltaFS is the offset voltage from the zero point

on the detection output signal FS, and generates a detection output like this drawing 10 (a), when the wafer front face in that point of measurement is moved to a Z direction so that a detection output may be set to +deltaFS, that wafer front face and best focus side Fo will agree.

[0044] By the way, when using the circuit of drawing 9, X-Y stage 21 of drawing 4 is moved, and it is positioned so that the core of the slit mark on the reference mark plate FM may come to any one location of each point of measurement of a multipoint AF system. The positioning does not need to be so strict and the point of measurement of a multipoint AF system and the core of a slit mark group may shift in the direction of X, and the direction of Y around 100 micrometers. Therefore, if the point of measurement P1-P5 of a multipoint AF system, i.e., the point of measurement in slit image ST shown in drawing 5, is decided, while shifting the location of a slit mark group in the direction of X, and the direction of Y in about  $\pm 100$  micrometers centering on those point of measurement, it may shake at a Z direction and you may ask for the coordinate location where the peak of Signal KS becomes to some extent large. Moreover, although this is very small probable, it is for if possible avoiding the inconvenience (lowering of the SN ratio of Signal KS) all whose slit mark groups correspond with the transparency section of Reticle R. However, when performing calibration actuation at a high speed, even if it does not search the coordinate location where the peak of a signal becomes large, it is possible to calculate offset value deltaFS in an almost equivalent precision. moreover, the offset value -- each point-of-measurement P1- it asks for every P5.

[0045] Thus, offset value BFa-BFe, the value, i.e., the best image formation side, of detection output signal FSa-FSe in case each measure points P1-P5 of drawing 5 agree in a Z direction in the location of the best image formation side by the projection optical system PL, respectively, is calculated. In drawing 5, also in case a detection output signal is searched for in the measure point which scans the shot field SA to slit image ST for example, in the direction of X, and is distributed all over the shot field SA, the offset value in each measure point is which value in offset value BFa-BFe which made such and was calculated.

[0046] Next, with reference to drawing 5, drawing 8, drawing 11, and drawing 12, it explains per example of the focus and exposure actuation in this example. In this case, offset value BFa-BFe of an image formation side to the imagination datum level of the value of detection output signal FSa-FSe at the time of making each measure points P1-P5 of drawing 5 focus to the image formation side of a projection optical system PL, respectively, i.e., a multipoint AF system, shall be beforehand measured as a premise. In addition, if the angle of rotation of the plane parallel 12 of drawing 4 is adjusted, since these offset value BFa-BFe can be set to about 0, these offset value BFa-BFe is a value near 0 also here. Moreover, the run side of the Z and the leveling stage 20 at the time of driving X-Y stage 21 and the best image formation side of a projection optical system PL consider substantially that it is parallel.

[0047] First, in step 101 of drawing 11, as an X-Y stage is driven and it is shown in drawing 5, it moves in the center section of the shot field SA for measurement (object for exposure) on the projection field of slit image ST from an oblique incidence multipoint AF system. Then, in step 102, auto-focusing is performed in the measure point P3 of the core of slit image ST. That is, the height of the Z direction of Z and the leveling stage 20 is adjusted so that the detection output signal FSc corresponding to a measure point P3 may become the offset value BFc of the best image formation side, and Z and the leveling stage 20 are locked in this condition. Therefore, the height of Z and the leveling stage 20 and a tilt angle are fixed until measurement is completed after this. Thus, auto-focusing is once performed for preventing that distribution of the irregularity in the shot field SA separates from the detection range of a multipoint AF system.

[0048] However, in this example, when the flat surface used as datum level is located in the interior of shot field SA, or near instead of performing auto-focusing in the measure point P3 of the core of slit image ST in step 102, auto-focusing may be performed at this flat surface. The measure point at this time does not need to be P3, and may choose the measure point nearest to this flat surface. Moreover, you may make it determine the measure point which should perform auto-focusing using an exposure process data. In short, it is not necessary to be a measure point P3, and when scanning a wafer by slit image ST of a multipoint AF system, it is good, if the amount of gaps of the focal location detected by the multipoint AF system does not separate from the detection range (decided by S curve) even if it is a point of what in the scanning zone.

[0049] Next, in step 103, X-Y stage 21 is driven, after making the measurement starting position SB of a near side move in the direction of -X of slit image ST in the shot field SA as shown in drawing 5, in step 104, X-Y stage 21 is driven, the shot field SA is scanned in the direction of X to slit image ST, and each detection output signal FSa-FSe is stored in the memory in amendment operation part 30B. Under the present circumstances, since the coordinate of X-Y stage 21 is measured by the laser interferometer, it should just store sequential detection output signal FSa-FSe in the address corresponding to the coordinate measured with a laser interferometer within that memory. Then, in step 105, the process level difference in

the shot field SA is classified based on obtained detection output signal FSa-FSe (it is the signal of time series, respectively).

[0050] Concretely, drawing 8 (a) shows a certain cross section in that shot field SA on Wafer W, and measure points P1-P5 are set up on this cross section. In addition, the photoresist is omitted although the photoresist is actually applied on Wafer W. In drawing 8 (a), if each measure points P1-P5 come on the imagination datum level 41 of a multipoint AF system, corresponding detection output signal FSa-FSe will be set to 0, respectively. Moreover, the best image formation side 42 of a projection optical system PL is made into a certain thing from which it has separated the grade from the imagination datum level 41. In this case, on Wafer W, the circuit pattern of two or more layers is already formed, and that front face serves as irregularity according to it. Therefore, if the detection output signal acquired in each measure points P1-P5 is made into FSa-FSe, the value of these detection output signal is also a value according to the irregularity. [0051] For example, if measure points P1 and P2 shall be located on pattern space 40A of the heights on Wafer W, a measure point P3 shall be located on pattern space 40B of a crevice and measure points P4 and P5 shall be located on pattern space 40C of heights, the value of the detection output signal FSc in a measure point P3 will become the smallest. Amendment operation part 30B of drawing 7 of this example searches for concavo-convex distribution of the shot field concerned using this by asking for the difference of the detection output signal corresponding to the adjoining measure point. Moreover, to amendment operation part 30B, since the data about a process structure are also supplied from exposure process-data storage section 30F, amendment operation part 30B can discriminate the pattern spaces 40A-40C in which measure points P1-P5 are located from the comparison with the process structure from the concavo-convex distribution searched for as mentioned above.

[0052] Thereby, it is distinguished to any each pattern spaces 40A-40C shall belong between the memory cell section, the circumference circuit section (logic section), or a scribe line. Moreover, amendment operation part 30B is the level difference ZA of each pattern spaces 40A and 40C, and the level difference ZB of pattern space 40B from the supplied data. It can recognize. Although these level differences are the height from a part without the circuit pattern of Wafer W, only the difference of these level differences poses a problem like the after-mentioned.

[0053] moreover, the difference during said adjoining measure point -- the level difference by the difference in the pattern consistency in each level difference field etc. can be known from the level difference information acquired with data by asking for distribution etc. about the detection output signal in each level difference field (dispersion). It can also ask for the measure point stabilized before and after measure points P1-P5 by this. Next, in step 106, the field of a part [ a part ] to make it focusing on the shot field SA is determined as focus datum level. For example, let pattern space 40B be focus datum level in drawing 8 (a) as that by which a pattern with the narrowest line breadth is exposed on pattern space 40B in which a measure point P3 is located. However, it is possible also when making the largest (area is large) pattern space (for example, pattern space 40A) in the shot field SA into focus datum level. What is necessary is for a focus datum plane to follow, and to choose and just to determine it as the priority (for it to become settled according to pattern line breadth, a pitch, etc.) of the focus for every pattern space in a shot field.

[0054] Then, it asks for offset value delta a-delta e to detection output signal Fa-Fe in measure points P1-P5 in step 107. In drawing 8 (a), when the transform coefficient to the variation rate from a detection output signal to a Z direction is set to k, offset value deltac to the detection output signal Fc in the measure point P3 on pattern space 40B which is focus datum level is 0. Moreover, the offset values delta a, delta b, delta d, and delta e over the detection output signals Fa, Fb, Fd, and Fe in measure points P1, P2, P4, and P5 are set to /k, respectively (ZA-ZB).

[0055] Next, in step 108, amendment operation part 30B adds offset value delta a-delta e for which offset value BFa-BFe of the detection output signal in the best image formation side 42 of drawing 8 (a) was asked at step 107. This is equivalent to changing into best image formation side 42A containing an imagination level difference as shows the best image formation side 42 shown as a continuous line by the dotted line, and makes pattern spaces 40A-40C focus to the imagination best image formation side 42A.

[0056] That is, in step 109, amendment operation part 30B supplies the detection output signal of imagination best image formation side 42A, i.e., (BFa+deltaa), -, (BFe+deltae) to deviation detection section 30C. Moreover, detection output signal Fa-Fe corresponding to the actual pattern spaces 40A-40C is supplied to deviation detection section 30C on real time. Then, deviation detection section 30C supplies a driving signal with which the sum of squares of deflection with offset - (BFe+deltae) and value (BFa+deltaa), and detection output signal Fa-Fe becomes min using a least square method as opposed to the actuator 18 Z and for leveling stage 20. Thereby, as shown in drawing 8 (b), pattern space 40B which is

focus datum level agrees in the actual best image formation side 42. Then, a pattern with the narrowest line breadth is exposed in high resolution by exposing at step 110.

[0057] You may make it shift focus datum level to a Z direction seemingly, when offset value  $\Delta a$  can exceed the depth of focus in the above-mentioned step 107 although pattern spaces 40A and 40C other than pattern space 40B are set up in the depth of focus of a projection optical system at this time so that weighting may be performed for example, to offset value  $\Delta a$  and pattern spaces 40A and 40C may enter in the depth of focus. This is applicable also when the whole surface of a shot field is in the depth of focus as for close. Moreover, focus datum level (pattern space 40B) may be shifted so that pattern spaces 40A and 40C may enter in the width of face of the depth of focus simply.

[0058] In addition, in the above-mentioned example, since it was the method which compares desired value with a actual detection output signal by deviation detection section 30C as shown in drawing 7, offset value  $\Delta a$  of a level difference was added to the best image formation side 42 which is desired value. However, what is necessary is just to deduct these offset value  $\Delta a$  from a actual detection output signal, when taking the method which carries out offset amendment to a actual detection output signal in drawing 7, and is supplied to deviation detection section 30C.

[0059] In addition, the detection output signal in the measure point distributed all over the shot field SA of drawing 5 is acquired actually, and concavo-convex distribution on the whole surface of the shot field SA is identified. However, the detection output signal supplied on real time from ADC30A in drawing 7 is only a detection output signal of five on slit image ST of drawing 5. Moreover, amendment of the surrounding tilt angle of a shaft parallel to slit image ST only by using the data on slit image ST cannot be performed. Then, amendment of the tilt angle of the surrounding wafer W of a shaft parallel to the slit image ST is performed with open-loop as an example. That is, by scanning the shot field SA to slit image ST, as shown in drawing 8 (a), the imagination detection output signal of best image formation side 42A and the detection output signal in a actual pattern space are searched for. Then, beforehand, it asks for the controlled variable of the actuator 18 of drawing 4, and the relation of the tilt angle of Z and the leveling stage 20, and only the amount which negates the difference of the detection output signal in a actual pattern space and the detection output signal of imagination best image formation side 42A controls the tilt angle of Z and the leveling stage 20. The pattern space by which the pattern with the narrowest line breadth distributed all over the shot field SA of drawing 5 is exposed by this by open loop control focuses to the best image formation side of a projection optical system PL as a whole.

[0060] In addition, as step 104A shows, whenever it makes stepping of X-Y stage 21 carry out in the direction of X at constant pitch and the X-Y stage 21 stops, you may make it store detection output signal Fa-Fe in MOMERI at the constant pitch in step 104 of drawing 11. It is effective in the effect of fluctuation of the air accompanying a motion of X-Y stage 21 being reduced by this approach.

[0061] Moreover, instead of actuation of step 101-102 of drawing 11, even if [ like steps 111 and 112 of drawing 12 ], it is good. That is, at this step 111, X-Y stage 21 is driven first, and as shown in drawing 5, the shot field SA is moved to the measurement starting position SB. Then, in step 112, auto-focusing is performed in the measure point P3 of the center of slit image ST of drawing 5, and the focal location of Z and the leveling stage 20 is locked. Then, it shifts to step 104 of drawing 11, or 104A, and the detection output signal in the whole surface of the shot field SA is sampled. Subsequent processing is the same as actuation of drawing 11. In the sequence of this drawing 12, there is no futility in actuation of the wafer stage 21, and measurement is performed efficiently.

[0062] In addition, in the above-mentioned example, it was considered that the run side of the Z and the leveling stage 20 at the time of driving X-Y stage 21 in drawing 4 and the best image formation side of a projection optical system PL were almost parallel. On the other hand, when the run side of Z and the leveling stage 20 and the image formation side of a projection optical system PL are not parallel, the following amendment actuation is needed. That is, it is made to have in the memory in amendment operation part 30B by making deflection (image surface dip, bow, etc.) of the run side of the Z and the leveling stage 20 when driving X-Y stage 21, and the image formation side of a projection optical system PL into an equipment constant. Since the detection output signal searched for by the approach of step 104 of drawing 11 in this case shows the measurement result on the basis of the run side of Z and the leveling stage 20, it should just add the amount of deflection with the image formation side memorized as an equipment constant to that measurement result.

[0063] Moreover, although concavo-convex distribution is searched for in one shot field SA on Wafer W in the above-mentioned example as shown in drawing 5, the concavo-convex distribution in each shot field on a wafer may be searched for from the comparison with the result and process structure which performed the

same measurement, equalized the acquired detection output signal, and were equalized and obtained in some of (one or more) other shot fields on Wafer W. Thereby, the effect of the spreading unevenness of a photoresist etc. is mitigated.

[0064] Next, although location detection of a Z direction was performed in the shot field SA predetermined [ on Wafer W ] in the above-mentioned example as shown in drawing 5 , location detection of a Z direction may be performed all over Wafer W in the pitch of 1 for an integer of the array pitch of for example, a shot field. concrete -- the array pitch to the direction of X of a shot field -- PX it is -- if -- spacing of focal location measurement in the direction of X serves as  $PX/N$  using two or more integers N. At this time, output change of the detection output signal from a multipoint AF system is repeated the same period as the array pitch of a shot field.

[0065] In this case, when foreign matters, such as dust, are in the exposure side of a wafer or a wafer has the configuration change by curvature etc., output change of the multipoint AF system in that shot field differs from output change in other shot fields. Then, it is desirable to compute independently the amount of offset of the detection output signal over focus datum level to the shot field where the deflection from the average of the value which sampled the detection output signal with the period corresponding to the array pitch of a shot field has become beyond a predetermined \*\* value. Moreover, to the shot field where the effect of such a foreign matter, curvature, etc. is expressed, assistant processing (operator call) etc. may be processed as warning or an error.

[0066] Next, in the above-mentioned example, the location (focal location) of the Z direction of the exposure side of Wafer W is measured from the detection output signal FS which changes in the shape of an S curve. The curve 44 of drawing 13 showed an example of that detection output signal FS, and was asking for the location of a Z direction from the detection output signal FS in this drawing 13 using the section which can be mostly approximated in a straight line 45 among curves 44 conventionally. However, now, there is inconvenience that the location detection range of a Z direction is narrow. Then, in order to make the location detection range large, it is desirable to make memory memorize the detection output signal FS when moving Z and the leveling stage 20 of drawing 4 to a Z direction by migration pitch  $\Delta Z$  (for it to measure about each of FSa-FSe actually), namely, to ask for the curve 44 of drawing 13 in approximation. In this case, the value of the detection output signal FS is memorized to the location of a Z direction.

[0067] And if the value of the detection output signal FS is  $V_i$  in case location measurement of a Z direction is performed actually, it is the location  $Z_i$  of a curve 44 to a Z direction. Accuracy is asked. On the other hand, when a curve 44 is approximated in a straight line 45, a detection output signal is  $V_i$ . The location of the Z direction at the time is  $Z_h$ . It becomes and an error arises. Next, based on the actual measurement result, the tilt angle of Z and the leveling stage 20 is controlled by the above-mentioned example. However, since the tilt angle to the run side of X-Y stage 21 of the image formation side of a projection optical system PL is known beforehand, the tilt angle may be performed beforehand on Z and the leveling stage 20.

Thereby, when location detection of a Z direction is performed by the multipoint AF system, the amount of gaps of a tilt angle decreases and the offset value computed for every measure point becomes small.

Therefore, while the time amount which a focus takes is shortened, focus precision also improves.

[0068] Moreover, in the above-mentioned example, the tilt angle of the plane parallel 12 arranged at the light-receiving system of a multipoint AF system as shown in drawing 4 can adjust now the physical relationship of the imagination datum level of a multipoint AF system, and the best image formation side. It means that the offset value in which this appears common to detection output signal FSa-FSe is also removable with the tilt angle of the plane parallel 12.

[0069] However, since there are few amounts of amendments what formed the plane parallel 12 only in the light-receiving system side, plane parallel may be arranged also to a light transmission system side. Thus, by amending an image formation location by the plane parallel of two sheets, the amount of amendments of an image formation location can be enlarged. And a location gap of the light-and-darkness pattern on a wafer can also be amended by putting in and amending plane parallel to the both sides of a light transmission system and a light-receiving system.

[0070] In addition, if plane parallel is arranged in the light transmission system of a multipoint AF system, for example, common offset amendment is performed using this plane parallel at step 109 of drawing 11 , a location gap of slit image ST on Wafer W will arise in the time of measuring a detection output signal at step 104, and the time of measuring a detection output signal at step 109. Then, what is necessary is to measure beforehand the amount of location gaps of slit image ST on the wafer W to the tilt angle of plane parallel, and just to amend the amount of offset added to the offset value of the best image formation side at step 109 corresponding to each measure point based on that amount of location gaps measured beforehand,



in order to reduce the effect of this location gap.

[0071] Next, in the above-mentioned example, as shown in drawing 5, slit image ST for location detection of a Z direction is aslant projected in the direction of the diagonal line to the shot field SA on Wafer W, and five on this slit image ST are chosen as measure points P1-P5. On the other hand, as shown in drawing 14, on the shot field SA, the measure points P11, P12, --, P74 of N individual (at drawing 14, N is 25) may be set up in the direction of X, and the direction of Y two-dimensional in a predetermined pitch, and the pattern image for focal detection may be projected at these measure points, respectively. In this case, when the number of the photo detector (light-receiving pixel) which receives each pattern image also turns into the same number as a measure point, for example, it adopts a synchronous-detection method, it is difficult to process the photo-electric-translation signal of the pattern image from all measure points in parallel. Using the selector circuits 13A-13E as shown in drawing 7, every five photo-electric-translation signals are chosen from the photo-electric-translation signal of these N individual, and it may be made to perform a synchronous detection there in time sharing. Circuitry is simplified by such time-division system.

[0072] Moreover, you may make it project aslant the pattern image of the shape of a grid of a predetermined pitch on a wafer instead of projecting a slit image, although focal detection is performed. In this case, using the reflected light from that wafer, re-image formation of the pattern image of the shape of that grid is carried out on an image sensor two-dimensional [, such as two-dimensional CCD, ], and the amount of location gaps to the Z direction in respect of exposure of the wafer which corresponds from the amount of strike slips of the image by which re-image formation was carried out is calculated.

[0073] Moreover, the method which projects a slit image, for example, detects the location of the pattern image on a 1-dimensional line sensor by which re-image formation was carried out, and calculates the amount of location gaps to a Z direction may be used. What is necessary is not to prepare the plane parallel for calibrations and just to use always electric offset by this method. Although what is necessary is just to set at least one measure point as each of at least two pattern spaces (a scribe line etc. is included) from which the height in a shot field differs Or it processes weighted average-ization. for example, the time of setting two or more measure points as each pattern space, and asking for offset value  $\Delta a - \Delta e$  -- every field -- two or more of the measurement values -- statistics processing or equalization -- At the time of autofocus actuation, the offset searched for is given for every field at one measure point, and you may make it use the detection output signal in the measure point. What is necessary is in short, not to perform autofocus actuation which does not need to search for the offset for every measure point, and doubles a shot side and an image formation side altogether in each of two or more measure points, to search for the offset in at least one measure point for every pattern space, and just to perform autofocus actuation using the measure point concerned, when two or more measure points are in one pattern space.

[0074] Next, by AF system (focal location detection system) of the oblique incidence method shown in drawing 4 of the above-mentioned example, the light of a nonphotosensitivity or photosensitive weak wavelength region is used to the photoresist on Wafer W as illumination light IL for focal detection. Furthermore, in a photoresist, since the thin film interference by the flux of light which carries out incidence arises, when especially the flux of light is the homogeneous light, the luminous intensity reflected with the thickness of the photoresist may become quite weak. So, in order to mitigate the adverse effect of the thin film interference, it is desirable to use the flux of light which has the bandwidth of 100nm or more as the illumination light IL. As illumination light IL, it was concretely chosen from the flux of light irradiated from a halogen lamp with the wavelength selection filter, for example, the flux of light of a 700nm - about 900nm wavelength region can be used. Moreover, the 700nm - about 900nm illumination light of the area within wavelength from light emitting diode may be used. Furthermore, it is good also considering two or more homogeneous lights which mix the flux of light from two or more semiconductor laser components, and are acquired, for example as illumination light IL.

[0075] However, uniformly [ distribution of the optical reinforcement to wavelength ], when a predetermined wavelength region or two or more waves of flux of lights are used as illumination light IL, when the optical reinforcement of specific wavelength is strong, there is a possibility that it may be influenced of thin film interference on the specific wavelength. So, in order to avoid it, as shown in drawing 4, it is desirable to arrange the light filter plate 60 for equalizing distribution of the photo-electric-translation signal over wavelength in front of the array sensor 15 of AF system. In addition, the light filter plate 60 may be arranged in any location between the light sources and the array sensors 15 which are not illustrated [ which generate the illumination light IL ].

[0076] With reference to drawing 15, it explains per example of the property of the light filter plate 60 concretely. First, suppose that it is a crest type as distribution of the optical reinforcement LE to the



wavelength  $\lambda$  of the illumination light IL ( $\lambda$ ) shows drawing 15 (a). In this case, distribution of the permeability T to the wavelength  $\lambda$  of the light filter plate 60 ( $\lambda$ ) is mostly set as a trough type, as shown in drawing 15 (b). However, permeability T ( $\lambda$ ) is amended in consideration of the wavelength sensibility property in the array sensor 15.

[0077] That is, the detection sensitivity (an output signal / optical reinforcement which carries out incidence) PSV ( $\lambda$ ) to the wavelength  $\lambda$  in the array sensor 15 shall serve as an upward slant to the right, for example, as the dotted line of drawing 15 (c) shows. In this case, since distribution of the optical reinforcement LR to the wavelength  $\lambda$  of the flux of light which passes the light filter plate 60 and is received by the array sensor 15 ( $\lambda$ ) is the product of the optical reinforcement LE ( $\lambda$ ) and permeability T ( $\lambda$ ), distribution of that optical reinforcement LR ( $\lambda$ ) sets distribution of permeability T ( $\lambda$ ) that the lower right serves as the property of \*\* somewhat like the continuous line of drawing 15 (c). Since the photo-electric-translation signal SR ( $\lambda$ ) outputted from the array sensor 15 to the flux of light of wavelength  $\lambda$  at this time is the product of detection sensitivity PSV ( $\lambda$ ) and the optical reinforcement LR ( $\lambda$ ), as shown in drawing 15 (d), it serves as an almost flat property to wavelength  $\lambda$ . Thereby, the adverse effect of the thin film interference in a photoresist can be reduced, and level difference measurement of the front face of a wafer can be carried out to stability.

[0078] In addition, as for this invention, it is needless to say that configurations various in the range which is not limited to the above-mentioned example and does not deviate from the summary of this invention can be taken.

[0079]

[Effect of the Invention] Each detecting signal [ according to this invention ] of the photoelectrical detection means corresponding to two or more measure points, And since an operation means to calculate the offset value for doubling the datum level of the focus on a substrate with the image surface by the projection optical system independently for two or more measure points of every was established based on the process structure of the exposure side of a substrate, It does not depend on the condition of the irregularity of each shot field of a substrate, but there is an advantage which can be exposed by doubling each exposure field (shot field) with the image formation side by the projection optical system in the optimal condition.

[0080] Moreover, where the image of the pattern for focal detection is projected into the exposure field by the projection optical system from an incident light study system It asks for the detecting signal of a photoelectrical detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in an exposure field by driving a substrate stage and running a substrate. The detecting signal of the photoelectrical detection means in two or more measure points when an operation means is distributed all over the, and in calculating the offset value for doubling the datum level of the focus on a substrate with the image surface by the projection optical system independently for two or more measure points of every based on the process structure of the exposure side of a substrate The optical system for focal detection of an easy configuration is used, and the condition of the irregularity of the whole surface of the exposure field of a substrate can be measured promptly. Therefore, there is an advantage which can be exposed by doubling the whole surface of the exposure field with the image formation side by the projection optical system in the optimal condition. Moreover, even if the display flatness of the holders (wafer holder etc.) of a substrate is bad, there is curvature of a substrate and a foreign matter etc. is between a substrate and a holder, the focus error resulting from them can also be prevented. That is, the whole surface of an exposure field can be set up in an image formation side, agreement, or the depth of focus.

[0081] Furthermore, when the flux of light used in case the pattern image for focal detection is projected into the exposure field by the projection optical system from an incident light study system is made into the flux of light which has the bandwidth of 100nm or more, there is an advantage by which the adverse effect of thin film interference with the sensitive material on a photosensitive substrate (photoresist etc.) is mitigated. Furthermore, although the flux of light may be scattered about for it or diffracted by the edge section of the irregularity on the substrate etc., when the flux of light of a broadband is used, even if the flux of light of specific wavelength becomes weak, there will be an advantage which can obtain a detecting signal with an SN ratio good as a whole.

[0082] Moreover, when the optical filter for carrying out entropy of the wavelength sensibility property of the flux of light used in case the pattern image for focal detection is projected on the optical path to [ out of an incident light study system ] two or more photoelectrical detection means has been arranged and the flux of light of a broadband is used, flattening of the intensity distribution over the wavelength of the detecting signal outputted from these photoelectrical detection means is carried out mostly. Therefore, height distribution of the exposure side of a substrate can be measured to accuracy, without being especially

influenced by the light of predetermined wavelength.

[0083] Next, when an operation means amends the desired value according to the height of the image formation side by the projection optical system using the offset value independently calculated for two or more measure points of every, focusing and leveling can be carried out to high degree of accuracy by performing a closed loop control with which the desired value after this amendment and the detecting signal actually obtained agree.

---

[Translation done.]

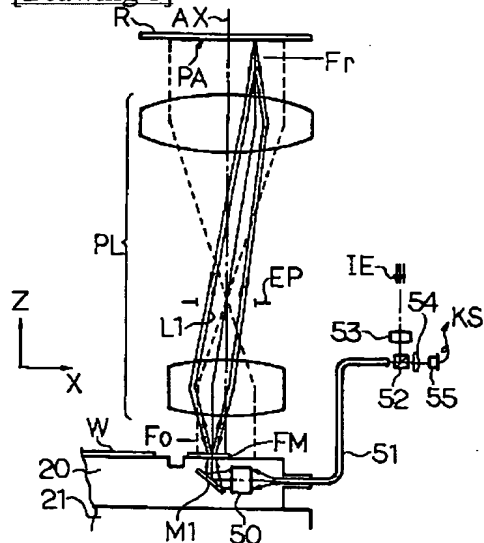
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

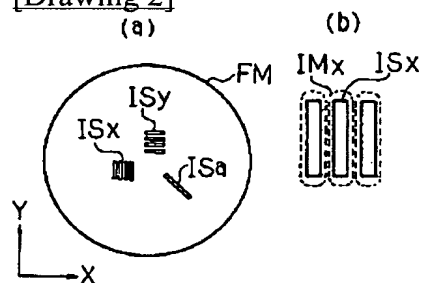
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

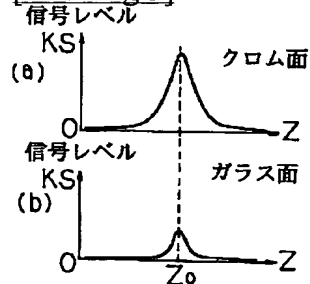
[Drawing 1]



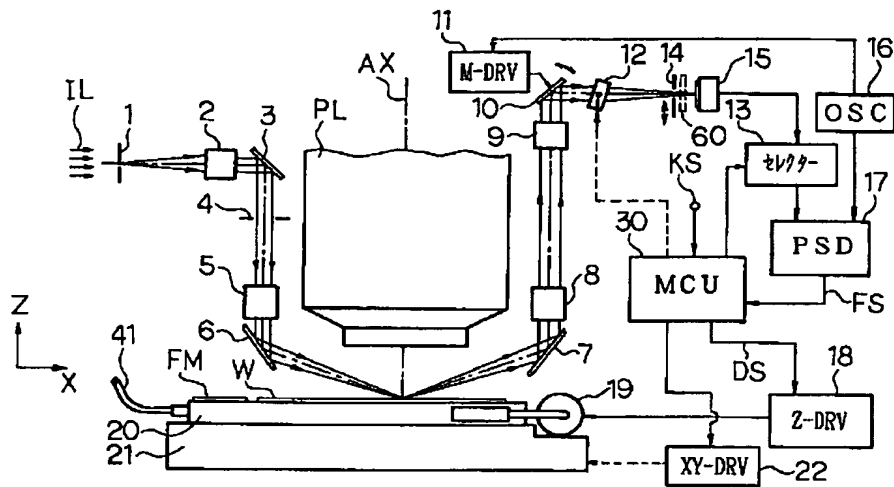
[Drawing 2]



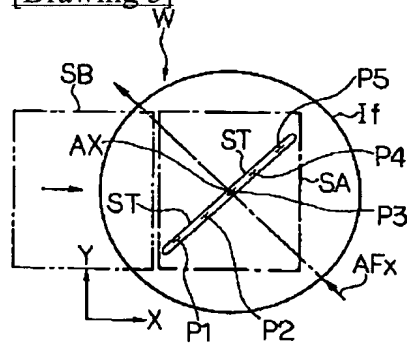
[Drawing 3]



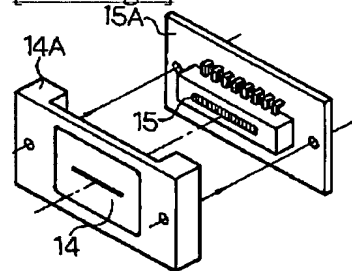
[Drawing 4]



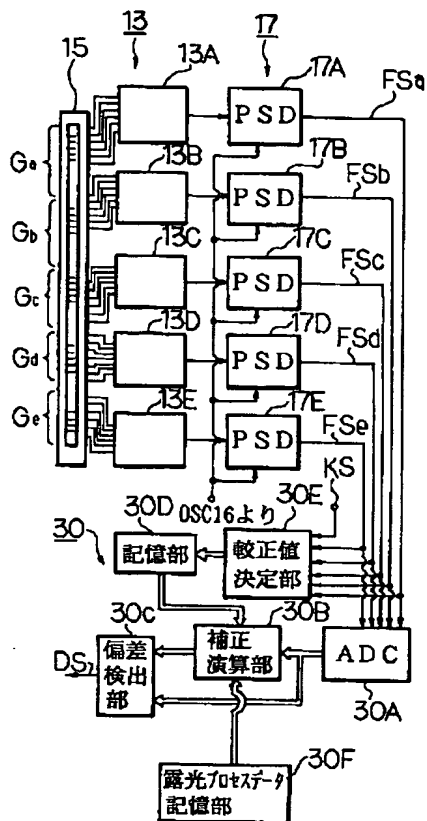
[Drawing 5]



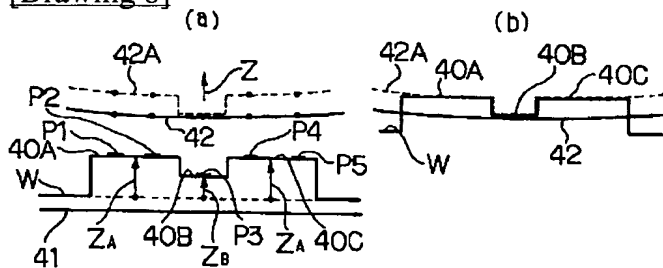
[Drawing 6]



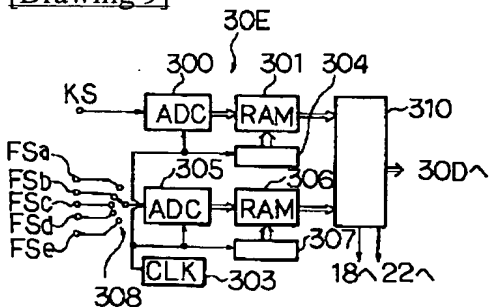
[Drawing 7]



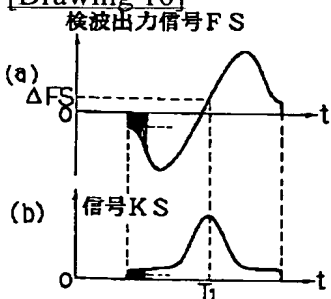
[Drawing 8]



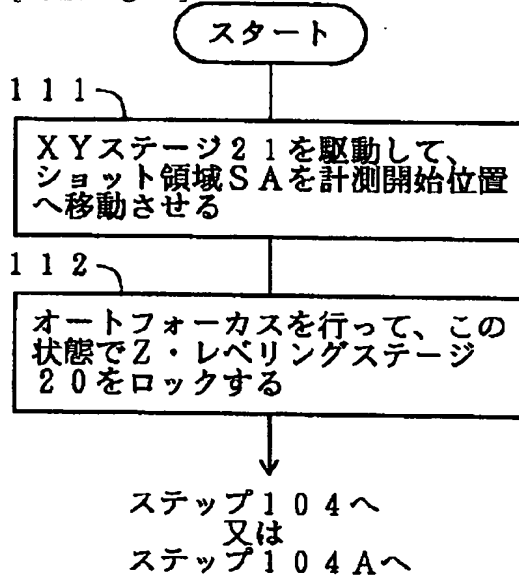
[Drawing 9]



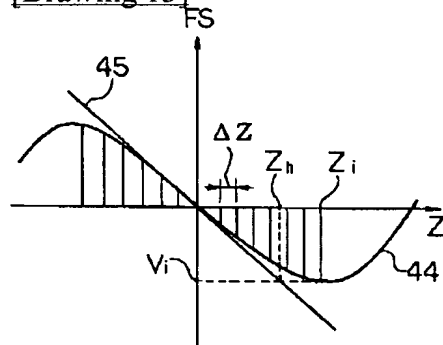
[Drawing 10]



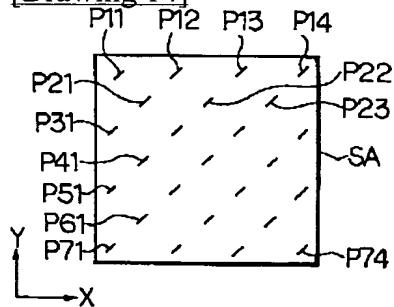
[Drawing 12]



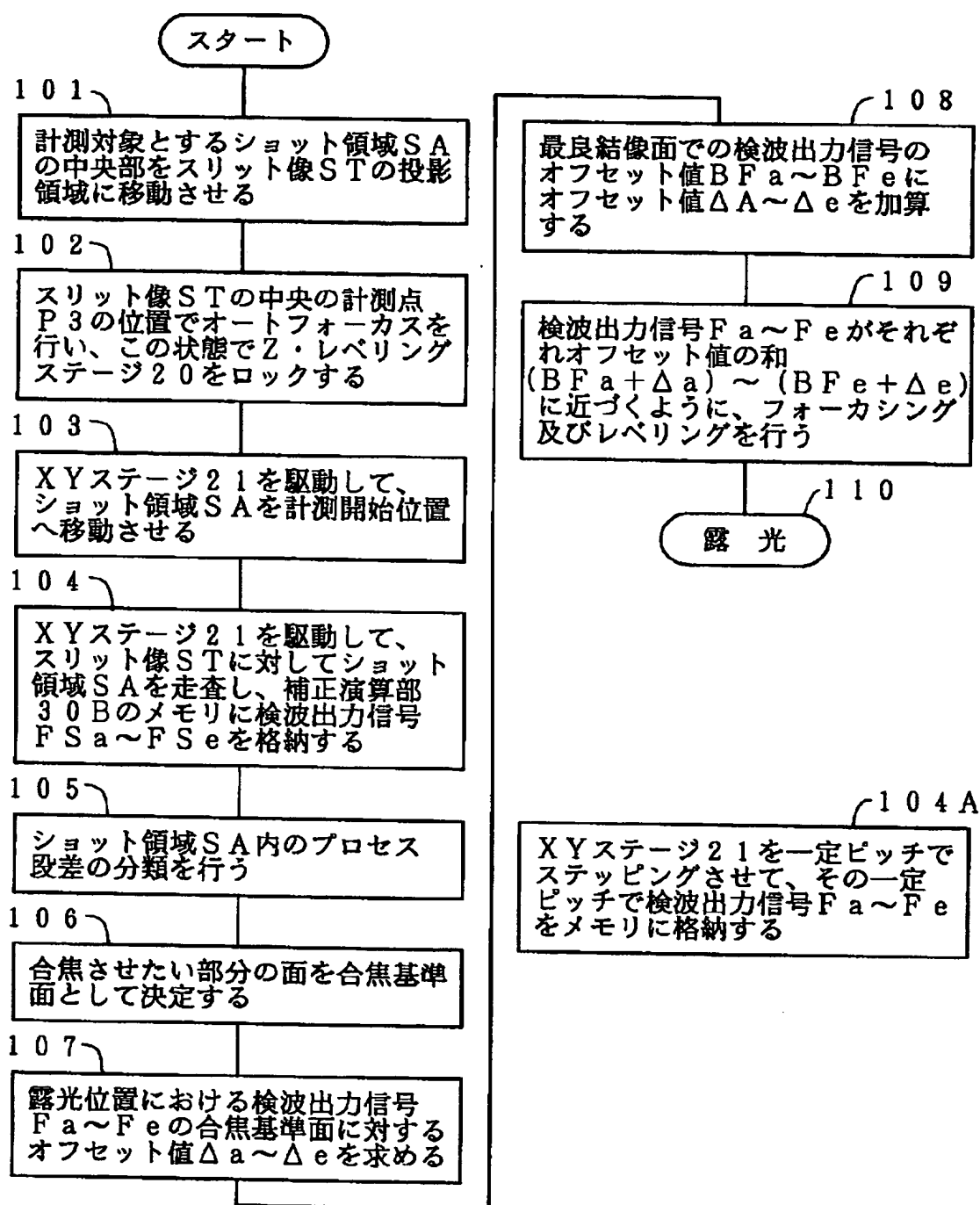
[Drawing 13]



[Drawing 14]

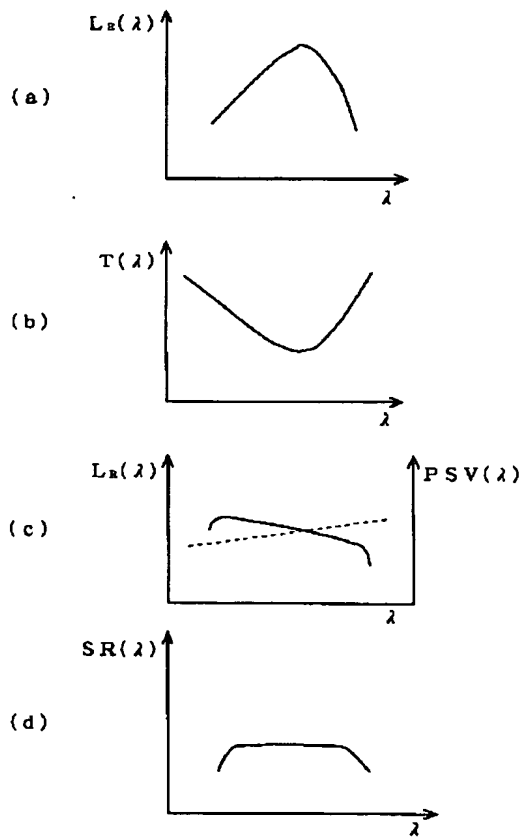


[Drawing 11]



[Drawing 15]





---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CORRECTION OR AMENDMENT**


---

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law  
 [Category partition] The 2nd partition of the 7th category  
 [Publication date] June 28, Heisei 14 (2002. 6.28)

[Publication No.] JP,8-37149,A  
 [Date of Publication] February 6, Heisei 8 (1996. 2.6)  
 [Annual volume number] Open patent official report 8-372  
 [Application number] Japanese Patent Application No. 7-72874  
 [The 7th edition of International Patent Classification]

H01L 21/027  
 G03B 27/32  
 G03F 7/207

**[FI]**

H01L 21/30 526 B  
 G03B 27/32 F  
 G03F 7/207 H

[Procedure amendment]  
 [Filing Date] March 26, Heisei 14 (2002. 3.26)  
 [Procedure amendment 1]  
 [Document to be Amended] Description  
 [Item(s) to be Amended] Claim  
 [Method of Amendment] Modification  
 [Proposed Amendment]  
 [Claim(s)]

[Claim 1] The projection optical system which projects a mask pattern on a photosensitive substrate, The substrate stage which holds said substrate and positions said substrate in a flat surface vertical to the optical axis of said projection optical system, The focal leveling stage which adjusts the height of the tilt angle of said substrate, and the direction of an optical axis of said projection optical system of said substrate, The incident light study system which projects the image of the pattern for focal detection aslant to the optical axis of said projection optical system using a nonphotosensitivity light to said photosensitive substrate on the measure point of the plurality in the exposure field by said projection optical system, Light-receiving optical system which condenses the reflected light from said two or more measure points, and carries out re-image formation of the image of the pattern for the focal detection on said two or more measure points, Two or more photoelectrical detection means to generate the detecting signal corresponding to each amount of strike slips of two or more images in which re-image formation was carried out by this light-receiving optical system, In the projection aligner which has the control means which controls actuation of said focal leveling stage based on the detecting signal from these two or more photoelectrical detection means, The projection aligner characterized by establishing an operation means to calculate the offset value for

doubling the datum level of the focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every, based on the process structure of each detecting signal of said photoelectrical detection means corresponding to said two or more measure points, and the exposure side of said substrate.

[Claim 2] It asks for the detecting signal of said photoelectrical detection means to correspond, respectively in two or more measure points distributed the whole surface in said exposure field, by driving said substrate stage and running said substrate, where the image of the pattern for said focal detection is projected into the exposure field by said projection optical system from said incident light study system,

Said operation means is a projection aligner according to claim 1 characterized by calculating the offset value for doubling the datum level of the focus on said substrate with the image surface by said projection optical system independently for said two or more measure points of every based on the process structure of the detecting signal of said photoelectrical detection means in two or more measure points distributed all over said, and the exposure side of said substrate.

[Claim 3] The projection aligner according to claim 1 or 2 characterized by making the flux of light used in case the image of the pattern for said focal detection is projected into the exposure field by said projection optical system from said incident light study system into the flux of light which has the bandwidth of 100nm or more.

[Claim 4] The projection aligner according to claim 1, 2, or 3 characterized by arranging the optical filter for carrying out entropy of the wavelength sensibility property of the flux of light used on the optical path to [ out of said incident light study system ] said two or more photoelectrical detection means in case the image of the pattern for said focal detection is projected into the exposure field by said projection optical system from said incident light study system.

[Claim 5] Said operation means is a projection aligner according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by amending the desired value according to the height of the image formation side by said projection optical system using the offset value independently calculated for said two or more measure points of every.

[Claim 6] The datum level of the focus on said substrate is a projection aligner given in any 1 term of claims 1-5 characterized by including the field where a pattern with the narrowest line breadth is exposed among said mask patterns.

[Claim 7] Said operation means is a projection aligner given in any 1 term of claims 1-6 characterized by calculating independently the 2nd [ according to the image formation property of said projection optical system ] offset value for said two or more measure points of every.

[Claim 8] By scanning the shot field on said substrate to said two or more measure points, said operation means is a projection aligner given in any 1 term of claims 1-7 characterized by calculating the offset value for doubling with the image surface searching for the concavo-convex distribution in said shot field, and according the datum level of the focus on said substrate to said projection optical system independently said two or more whole measure points based on said concavo-convex distribution.

[Claim 9] Said operation means is a projection aligner according to claim 8 characterized by memorizing the deflection of the image formation side of said projection optical system, and the run side of said substrate stage, adding this amount of deflection, and searching for said concavo-convex distribution.

---

[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-037149

(43)Date of publication of application : 06.02.1996

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G03B 27/32  
G03F 7/207

(21)Application number : 07-072874

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.03.1995

(72)Inventor : IMAI YUJI

(30)Priority

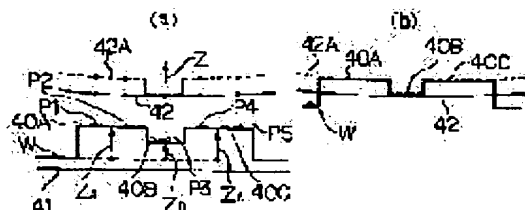
Priority number : 06103847 Priority date : 18.05.1994 Priority country : JP

## (54) PROJECTION TYPE ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform exposing by setting each shot region, under an optimum condition, to the focusing surface of a projection type optical system, not depending on the surface condition (projected or recessed) of the shot region of a photosensitive substrate.

CONSTITUTION: Position in the direction Z is detected at the measuring points P1 to P5 on the shot region of a wafer W and distribution of projected and recessed areas on the shot region is obtained from the detected result and known data of process structure. For instance, when a pattern of the narrowest line width is exposed to the pattern region 40B, a level difference ( $Z_A - Z_B$ ) of the other region obtained with reference to that pattern region 40B is added as the offset to the height of the best focusing surface 42, considering the pattern region 40B as the reference surface for focusing. The pattern region 40B is focused to the best focusing surface 42 by setting the exposing surface to the focusing surface 42A after the addition.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3555230

[Date of registration] 21.05.2004  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-37149

(43)公開日 平成8年(1996)2月6日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/32	F			
G 0 3 F 7/207	H			
			H 0 1 L 21/ 30	5 2 6 B
審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 17 頁)				

(21)出願番号 特願平7-72874

(22)出願日 平成7年(1995)3月30日

(31)優先権主張番号 特願平6-103847

(32)優先日 平6(1994)5月18日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 今井 裕二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

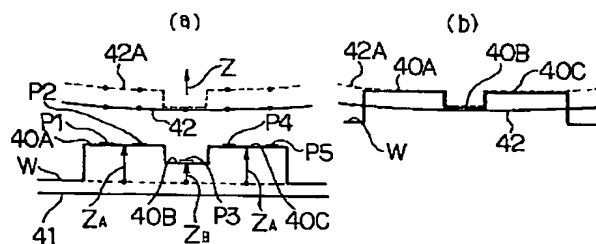
(74)代理人 弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 感光基板の各ショット領域の凹凸の状態に依らず、各ショット領域を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行う。

【構成】 ウエハWのショット領域上の計測点P1～P5でZ方向の位置検出を行い、検出結果及び予め分かっているプロセス構造のデータより、そのショット領域の凹凸分布を求める。例えばパターン領域40Bに最も線幅の狭いパターンが露光されるときには、そのパターン領域40Bを合焦基準面として、そのパターン領域40Bを基準とした他の領域の段差( $Z_A - Z_B$ )を、オフセットとして最良結像面42の高さに加算する。加算後の結像面42Aに露光面を合致させることにより、パターン領域40Bが最良結像面42に合焦される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、  
前記基板を保持して前記投影光学系の光軸に垂直な平面内で前記基板の位置決めを行う基板ステージと、  
前記基板の傾斜角及び前記基板の前記投影光学系の光軸方向の高さを調整するフォーカス・レベリングステージと、  
前記感光性の基板に対して非感光性の光を用いて、前記投影光学系の光軸に対して斜めに前記投影光学系による露光領域内の複数の計測点上に焦点検出用のパターンの像を投影する投射光学系と、  
前記複数の計測点からの反射光を集光して前記複数の計測点上の焦点検出用のパターンの像を再結像する受光光学系と、  
該受光光学系により再結像された複数の像のそれぞれの横ずれ量に対応した検出信号を生成する複数の光電検出手段と、  
該複数の光電検出手段からの検出信号に基づいて前記フォーカス・レベリングステージの動作を制御する制御手段と、を有する投影露光装置において、  
前記複数の計測点に対応する前記光電検出手段のそれぞれの検出信号、及び前記基板の露光面のプロセス構造に基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求める演算手段を設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影した状態で、前記基板ステージを駆動して前記基板を走らせることにより、前記露光領域内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する前記光電検出手段の検出信号を求め、  
前記演算手段は、前記全面に分布する複数の計測点での前記光電検出手段の検出信号、及び前記基板の露光面のプロセス構造に基づいて、前記複数の計測点毎に独立に前記基板上の合焦の基準面を前記投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求めることを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影する際に使用される光束を、100nm以上の帯域幅を有する光束とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記投射光学系内から前記複数の光電検出手段までの光路上に、前記投射光学系から前記投影光学系による露光領域内に前記焦点検出用のパターンの像を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタを配置することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記演算手段は、前記複数の計測点毎に独立に求められるオフセット値を用いて、前記投影光学系による結像面の高さに応じた目標値を補正することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、感光基板上に回路パターン等のマスクパターンを転写する投影露光装置に関し、特に感光基板の焦点合わせのための焦点検出装置を備えた投影露光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より投影露光装置では、レチクル（又はフォトマスク等）のパターンを高解像力の投影光学系を介して感光基板（フォトリソ層が塗布されたウエハやガラスプレート等）上に投影露光する際、レチクルのパターンの結像面に正確に感光基板の露光面を合致させる作業、即ち焦点合わせが必須のこととなっている。近年、投影光学系の焦点深度は狭くなる一方で、露光用照明光として波長365nmのi線を用いたものでも、±0.7μm程度の深度しか得られないのが現状である。更に投影光学系の投影視野は年々増大する傾向にあり、広い露光視野（例えば22mm角）の全面に亘って極力大きな焦点深度を確保することが望まれている。

【0003】このように広い露光視野全面で良好に焦点合わせを行うためには、何れにしろその露光視野内に入る感光基板の部分領域（ショット領域）の平坦性と、結像面の平坦性（即ち、像面湾曲、及び像面傾斜が小さいこと）とが共に良好であることが要求される。このうち像面湾曲と像面傾斜とに関しては投影光学系自体の光学性能に依存するところが大きい、その他にレチクルの平面度、平行度が要因になることもある。一方、感光基板の部分領域、即ち1回の投影露光領域（ショット領域）毎の平坦度は、感光基板によってその程度に差異があるが、感光基板を保持するホルダーを微小量だけ傾けることによって感光基板上のショット領域の表面と結像面とを平行に設定することが可能である。

【0004】このように感光基板の1つのショット領域の表面の傾きも考慮して焦点合わせを行う手法として、特開昭58-113706号公報、特開昭55-1348号公報等に開示された技術が知られている。特に特開昭55-1348号公報では投影光学系を介して感光基板の4点に光ビームのスポットを投射し、その反射光によるスポット像を光電検出して感光基板の焦点合わせ、及び傾き補正（レベリング）を行う技術が開示されている。

【0005】ところが、最近の半導体素子等は基板上に多くの複雑な構造のパターンを積み重ねて製造されるため、感光基板の露光面の平坦性は悪くなる傾向にある。そのため、感光基板のショット領域内の凹凸の状



態を計測し、この計測結果を考慮してそのショット領域の平均的な面を投影光学系による結像面に合わせ込む技術の開発が行われている。例えば、特開平 2-198130 号公報においては、感光基板の投影光学系の光軸方向の位置を固定してその感光基板を移動させて、感光基板上のショット領域内の複数の計測点で投影光学系の光軸方向の位置（フォーカス位置）を計測し、この計測結果の平均値を求めることにより、そのショット領域内でのパターンの構造や配置の相違に起因するフォーカス位置のオフセット値を求める面位置検出方法が開示されている。この方法では、そのオフセット値を各ショット領域の例えば中央の計測点でのフォーカス位置の計測結果に加えることにより、ショット領域内の凹凸を考慮した平均的なフォーカス位置が計測される。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のように従来の投影露光装置では、所定のショット領域内の複数の特定の計測点で計測されたフォーカス位置を平均化することにより、フォーカス位置のオフセット値を求めていた。しかしながら、実際には感光基板の各ショット領域の露光面の凹凸の状態は、プロセス構造（パターンの配置や段差等）によって様々であり、特定の複数の計測点でのフォーカス位置を平均化するだけでは、各ショット領域の平均的な面の形状を正確に求めることはできない。そのため、露光プロセスによって、感光基板上の各ショット領域内のパターンの配置や段差等が変化すると、各ショット領域の平均的な面を投影光学系の結像面に対して焦点深度の範囲内に収めることができない場合が生ずるといふ不都合がある。

【0007】また、各ショット領域の平均的な面を結像面に合わせ込むのではなく、例えば各ショット領域内で最も線幅が狭いパターンが露光される領域を重点的に合焦させたいような場合でも、従来の方法ではその重点的に合焦させたい領域を結像面に合わせ込むことは困難であった。本発明は斯かる点に鑑み、感光基板の各ショット領域の凹凸の状態に依らず、各ショット領域を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行うことができる投影露光装置を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による投影露光装置は、マスクパターン（R）を感光性の基板（W）上に投影する投影光学系（PL）と、その基板を保持して投影光学系（PL）の光軸（AX）に垂直な平面内でその基板の位置決めを行う基板ステージ（21）と、その基板の傾斜角及びその基板の投影光学系（PL）の光軸方向の高さを調整するフォーカス・レベリングステージ（20）と、その感光性の基板に対して非感光性の光を用いて、投影光学系（PL）の光軸（AX）に対して斜めに投影光学系（PL）による露光領域（SA）内の複

数の計測点（P1～P5）に焦点検出用のパターンの像（ST）を投影する投射光学系（1～6）と、それら複数の計測点からの反射光を集光してそれら複数の計測点上の焦点検出用のパターンの像を再結像する受光光学系（7～10）と、この受光光学系により再結像された複数の像のそれぞれの横ずれ量に対応する検出信号を生成する複数の光電検出手段（15, 13, 17）と、これら複数の光電検出手段からの検出信号（Fsa～Fse）に基づいてフォーカス・レベリングステージ（20）の動作を制御する制御手段（30, 18）と、を有する投影露光装置において、それら複数の計測点での対応する光電検出手段の検出信号、及び基板（W）の露光面のプロセス構造（パターンの配置、段差等）に基づいて、それら複数の計測点毎に独立に基板（W）上の合焦の基準面（40B）を投影光学系（PL）による結像面（42）に合わせ込むためのオフセット値を求める演算手段（30B）を設けたものである。

【0009】この場合、その投射光学系から投影光学系（PL）による露光領域（SA）内にその焦点検出用のパターンの像（ST）を投影した状態で、基板ステージ（21）を駆動して基板（W）を走らせることにより、露光領域（SA）内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する光電検出手段の検出信号を求め、演算手段（30B）は、その全面に分布する複数の計測点でのその光電検出手段の検出信号、及びその基板の露光面のプロセス構造に基づいて、それら複数の計測点毎に独立にその基板上の合焦の基準面（40B）を投影光学系（PL）による結像面（42）に合わせ込むためのオフセット値を求めることが望ましい。

【0010】また、その投射光学系から投影光学系（PL）による露光領域（SA）内に焦点検出用のパターンの像（ST）を投影する際に使用される光束（IL）を、100nm以上の帯域幅を有する光束とすることが望ましい。また、その投射光学系内からそれら複数の光電検出手段までの光路上に、その投射光学系から投影光学系（PL）による露光領域内に焦点検出用のパターンの像（ST）を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタ（60）を配置することが望ましい。

【0011】更に、演算手段（30B）は、それら複数の計測点毎に独立に求められたオフセット値を用いて、投影光学系（PL）による結像面（42）の高さに応じた目標値を補正することが望ましい。

#### 【0012】

【作用】斯かる本発明によれば、例えば図 8（a）に示すように、基板（W）上の投影光学系による露光領域内の複数の計測点（P1～P5）上に焦点検出用のパターンの像が投影され、これらの像が受光光学系により再結像され、再結像された像の横ずれ量に対応する検出信号（Fsa～Fse）が光電検出手段（例えば図 7 のアレ

イセンサー 15 中の画素) から出力される。斜入射方式では、それら再結像される像の横ずれ量と、対応する計測点の投影光学系 (PL) の光軸方向の位置 (フォーカス位置) とはほぼ比例するため、それら検出信号から対応する計測点のフォーカス位置 (これらを  $Z_1 \sim Z_5$  とする) が求められる。

【0013】しかし、実際には、図 8 (a) に示すように、基板 (W) の露光面にはそれまでの露光工程等により凹凸のあるパターンが形成されていることがある。また、そのような凹凸が有る場合、最も線幅の狭いパターンが露光される面 (例えば周辺部より窪んだ面であることが分かっている) を面 (40B) とすると、この面 (40B) を結像面 (42) に合わせることが望ましい。この際に、例えば計測点 (P3) で計測された検出信号の値 (フォーカス位置) が最も小さいことから、その計測点 (P3) が面 (40B) 上にあることが分かる。そこで、その面 (40B) を基板 (W) 上の合焦の基準面として、プロセス構造のデータに基づいてその基準面 (40B) と他の露光面 (40A, 40C) との高さの差分 ( $Z_A - Z_B$ ) に対応する検出信号を他の計測点 (P1, P2, P4, P5) でのオフセット値とする。また、計測点 (P3) でのオフセット値は 0 である。

【0014】その後、例えば実際に検出された検出信号からそのオフセット値を差し引いた値に基づいて合焦及びレベリングを行うと、図 8 (b) に示すように、基準面 (40B) が結像面 (42) に合焦される。また、基板 (W) 上の複数の計測点 (P1~P5) が例えば図 5 に示すように、露光領域 (SA) のほぼ対角線上に配列されているような場合には、それら計測点 (P1~P5) 上の焦点検出用のパターンの投影像に対して基板 (W) を所定方向 (X 方向) に走査することにより、その露光領域 (SA) のほぼ全面に分布する計測点での検出信号が得られる。従って、その露光領域 (SA) の全面に複雑な凹凸分布があるような場合でも、その凹凸分布の表面の所定の部分 (例えば最も線幅の狭いパターンが露光される領域) を基準面として、この基準面と他の部分との高さの差分に対応する検出信号を各計測点でのオフセット値とする。これにより、その基準面を合焦させることができる。

【0015】次に、その合焦及びレベリングを行うための手順の他の例は、例えば図 8 (a) において、先ず光電検出手段による検出信号、及びプロセス構造に基づいて、基準面 (40B) から他の面 (40A, 40C) への高さの差分 ( $Z_A - Z_B$ ) に応じたオフセット値を求め、このオフセット値を結像面 (42) の高さに応じた検出信号のレベルに加算することである。この加算結果に対応する面は破線で示すような面 (42A) となる。そこで、例えば最小自乗法により、各計測点 (P1~P5) の検出信号とその面 (42A) の検出信号との差分

が最小になるように基板 (W) の高さを制御することにより、図 8 (b) に示すように、基準面 (40B) が実際の結像面 (42) に合焦される。

【0016】また、その投射光学系から投影光学系 (PL) による露光領域 (SA) 内に焦点検出用のパターンの像 (ST) を投影する際に使用される光束 (IL) を、100nm 以上の帯域幅を有する光束とした場合、感光性の基板 (W) 上の感光材料 (フォトリソ等) での薄膜干渉の悪影響等が軽減される。また、投射光学系内からそれら複数の光電検出手段までの光路上に、その投射光学系から投影光学系 (PL) による露光領域内に高さ検出用のパターンの像 (ST) を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタ (60) を配置した場合には、焦点検出用の照明光の波長毎の光強度分布が例えば図 15 (a) のように不均一であっても、その光強度分布とほぼ逆の特性となるように、その光学的フィルタ (60) の透過率分布を例えば図 15 (b) のように設定することにより、光電検出手段から得られる検出信号の波長特性は図 15 (d) に示すように平坦になる。従って、特定の波長の信号に大きく影響されることなく、正確に高さ検出を行うことができる。

#### 【0017】

【実施例】以下、本発明による投影露光装置の一実施例につき図面を参照して説明する。図 1 は本実施例の投影露光装置のうち、投影光学系のベストフォーカス面 (結像面) を検出する TTL (スルー・ザ・レンズ) 方式の焦点検出系を示す図である。図 1 において、実デバイス製造用の回路のパターン領域 PA が下面に形成されたレチクル R は、不図示のレチクルホルダーに保持されている。絞り面 (瞳面) EP を挟んで前群、後群に分けて模式的に表した投影光学系 PL の光軸 AX は、レチクル R の中心、すなわちパターン領域 PA の中心を、レチクルパターン面に対して垂直に通っている。その光軸 AX に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で図 1 の紙面に平行に X 軸を、図 1 の紙面に垂直に Y 軸を取る。

【0018】投影光学系 PL の下方には、フォトリソが塗布されたウエハ W を保持する Z・レベリングステージ 20 が、XY ステージ 21 上に設けられている。Z・レベリングステージ 20 は、ウエハ W を光軸 AX 方向に微量 (例えば  $\pm 100 \mu\text{m}$  以内) だけ移動させてフォーカシングを行うと共に、ウエハ W の傾斜角を制御してレベリングを行う。また、XY ステージ 21 はウエハ W を光軸 AX と垂直な XY 平面内で 2 次元移動させるものであり、XY ステージ 21 の X 方向及び Y 方向の座標は不図示のレーザ干渉計により常時計測されている。

【0019】更に、Z・レベリングステージ 20 の上面には、ウエハ W の表面とほぼ等しい高さ位置で基準マーク板 FM が固定されている。この基準マーク板 FM には、図 2 (a) に示すようにそれぞれ X 方向に伸びた複

数本の透過型スリットをY方向に一定ピッチで配置した構造のスリットマークIS<sub>y</sub>と、Y方向に伸びた複数本の透過型スリットをX方向に一定ピッチで配置した構造のスリットマークIS<sub>x</sub>と、X方向及びY方向の夫々に対して45°となる方向に斜めに伸びたスリットマークIS<sub>a</sub>とが形成されている。これらのスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>は、石英製の基準マーク板FMの表面全面にクロム層（遮光層）を蒸着し、そこに透明部として刻設したものである。

【0020】図1に戻り、基準マーク板FMの下方（Z・レベリングステージ20の内部）には、ミラーM1、照明用対物レンズ50、及び光ファイバー51の射出端が設けられ、光ファイバー51の射出端からの照明光が対物レンズ50によって集光されて、基準マーク板FM上のスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>を共に裏側から照射する。光ファイバー51の入射端側にはビームスプリッタ52が設けられ、レンズ系53を介して露光用照明光IEが光ファイバー51に導入される。その照明光IEはレチクルRの照明用の光源（水銀ランプ、エキシマレーザ光源等）から得るのが望ましいが、別に専用の光源を用意してもよい。但し、別光源にするときは、露光用照明光と同一波長、又はそれに極めて近い波長の照明光にする必要がある。

【0021】また、対物レンズ50による基準マーク板FMの照明条件は、パターン投影時の投影光学系PLでの照明条件と極力合わせられる。即ち、投影光学系PLの像側の照明光の開口数（N.A.）と対物レンズ50から基準マーク板FMへの照明光の開口数（N.A.）とをほぼ一致させるのである。さて、このような構成で、照明光IEを光ファイバー51に導入すると、基準マーク板FM上のスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>からは投影光学系PLへ入射する像光束が発生する。図1において、Z・レベリングステージ20の光軸AX方向の位置は、投影光学系PLの最良結像面（レチクルとの共役面）F<sub>o</sub>から僅かに下方に基準マーク板FMの表面が位置するように設定されているものとする。このとき基準マーク板FM上の一点から発生した像光束L1は投影光学系PLの瞳面EPの中心を通り、レチクルRのパターン面から僅かに下方へずれた面F<sub>r</sub>内で集光した後に散散し、レチクルRのパターン面で反射してから元の光路に戻る。ここで面F<sub>r</sub>は、投影光学系PLに関して基準マーク板FMと光学的に共役な位置にある。投影光学系PLが両側テレセントリック系であると、基準マーク板FMのスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>からの像光束は、レチクルRの下面（パターン面）で正反射して再びスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>と重畳するように戻ってくる。

【0022】但し、図1のように基準マーク板FMが結像面F<sub>o</sub>からずれていると、基準マーク板FM上には各スリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>のぼけた反射像

が形成され、基準マーク板FMが結像面F<sub>o</sub>と一致しているときは、面F<sub>r</sub>もレチクルRのパターン面と一致することになり、基準マーク板FM上には各スリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>のシャープな反射像がそれぞれのマークに重畳して形成されることになる。図2

（b）は基準マーク板FMがデフォーカスしているときのスリットマークIS<sub>x</sub>とその反射像IM<sub>x</sub>との関係を模式的に表したものである。両側テレセントリックな投影光学系PLでは、このように反射像IM<sub>x</sub>は自身の源であるスリットマークIS<sub>x</sub>上に投射される。そして基準マーク板FMがデフォーカスしていると、反射像IM<sub>x</sub>は、スリットマークIS<sub>x</sub>の形状寸法よりも大きくなり、且つ単位面積当りの照度も低下する。

【0023】そこで基準マーク板FM上にできる反射像のうち、元のスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>で遮光されなかった像部分の光束をミラーM1、対物レンズ50を介して光ファイバー51に導き、光ファイバー51から射出された光束をビームスプリッタ52、レンズ系54を介して光電センサ55で受光する。光電センサ55の受光面は投影光学系PLの瞳面（フーリエ変換面）EPとほぼ共役な位置に配置されている。図1の構成においては、Z・レベリングステージ20を上下方向（Z方向）に移動させるだけで投影光学系PLの結像面を決定するためのコントラスト信号を得ることができる。

【0024】図3（a）及び（b）はそれぞれ光電センサ55の出力信号KSの信号レベル特性を表し、横軸はZ・レベリングステージ20のZ方向の位置、即ち基準マーク板FMの光軸AX方向の高さ位置を表す。また、図3（a）はスリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>がレチクルRのパターン面内のクロム部分に逆投影されたときの信号レベルを示し、図3（b）はそれらスリットマークがパターン面内のガラス部分（透明部分）に逆投影されたときの信号レベルを示す。通常、レチクルのクロム部分は0.3～0.5μm程度の厚みでガラス（石英）板に蒸着されており、クロム部分の反射率は当然のことながらガラス部分の反射率よりは格段に大きい。しかしながら、ガラス部分での反射率は完全に零ということはないので、図3（b）のように信号レベルとしてはかなり小さくなるが、ガラス部分でも検出は可能である。また、一般に実デバイス製造用のレチクルは、パターン密度が高いために、スリットマークIS<sub>x</sub>、IS<sub>y</sub>、IS<sub>a</sub>の全ての逆投影像がレチクルパターン中のガラス部分（透明部分）に同時にかかる確率は極めて少ないと考えられる。

【0025】何れの場合にしろ、基準マーク板FMの表面が最良結像面F<sub>o</sub>を横切るように光軸AXの方向に移動されると、Z方向の位置Z<sub>o</sub>で出力信号KSのレベルが極大値となる。従って、Z・レベリングステージ20のZ方向の位置と出力信号KSとを同時に計測し、出力

信号 K S のレベルが極大となったときの Z 方向の位置を検出することで、最良結像面 F o の位置が求まり、しかもこの検出方式ではレチクル R 内の任意の位置で最良結像面 F o の検出が可能となる。従って、レチクル R が投影光学系 P L の物体側にセットされてさえいれば、いつでも投影視野内の任意の位置で絶対フォーカス位置（最良結像面 F o）が計測できる。また、先に述べたようにレチクル R のクロム層は 0.3 ~ 0.5  $\mu\text{m}$  厚であり、この厚みによって生じる最良結像面 F o の検出誤差は、投影光学系 P L の投影倍率を 1/5（縮小）とすると、 $(0.3 \sim 0.5) \times (1/5)^2$ 、即ち 0.012 ~ 0.02  $\mu\text{m}$  となり、これはほとんど無視できる値である。

【0026】次に図 4 を参照して本実施例の斜入射光式の A F 系（焦点位置検出系）について説明するが、ここでは多点 A F 系を採用するものとする。多点 A F 系とは投影光学系 P L の投影視野内の複数箇所に、ウエハ W の光軸方向の位置ずれ（所謂焦点ずれ）を計測する測定点を設けたものである。図 4 において、ウエハ W 上のフォトレジストに対して非感光性の照明光 I L はスリット板 1 を照明する。そしてスリット板 1 のスリットを通った光は、レンズ系 2、ミラー 3、絞リ 4、投光用対物レンズ 5、及びミラー 6 を介してウエハ W を斜めに照射する。このとき、ウエハ W の表面が投影光学系 P L の最良結像面 F o にあると、スリット板 1 のスリットの像がレンズ系 2、及び対物レンズ 5 によってウエハ W の表面に結像される。また、対物レンズ 5 の光軸とウエハ表面との角度は 5 ~ 12° 位に設定され、スリット板 1 のスリット像の中心は、投影光学系 P L の光軸 A X がウエハ W と交差する点に位置する。

【0027】さて、ウエハ W で反射されたスリット像の光束は、ミラー 7、受光用対物レンズ 8、レンズ系 9、振動ミラー 10、及び平行平板（プレーンパラレル）12 を介して受光用スリット板 14 上にスリット像を再結像する。振動ミラー 10 は受光用スリット板 14 上にできるスリット像を、その長手方向と直交する方向に微小振動させるものであり、プレーンパラレル 12 はスリット板 14 上のスリットと、ウエハ W からの反射光によるスリット像の振動中心との相対関係を、スリットの長手方向と直交する方向にシフトさせるものである。そして振動ミラー 10 は発振器（OSC）16 からの駆動信号でドライブされるミラー駆動部（M-DRV）11 により振動される。

【0028】こうして、スリット像が受光用スリット板 14 上で振動すると、スリット板 14 を透過した光束は、アレイセンサー 15 で受光される。このアレイセンサー 15 は、スリット板 14 のスリットの長手方向を複数の微小領域に分割し、各微小領域毎に個別の受光画素を配列したものであり、光電変換素子としてはシリコン・フォトダイオード又はフォトトランジスタ等が使用さ

れる。アレイセンサー 15 の各受光画素からの信号は、セレクター回路 13 を介して選択、又はグループ化されて、同期検波回路（PSD）17 に供給される。この同期検波回路 17 には、発振器 16 からの駆動信号と同じ位相の交流信号が供給され、この交流信号の位相を基準として同期整流が行われる。

【0029】このとき、同期検波回路 17 はアレイセンサー 15 の中から選ばれた複数の受光画素の各出力信号を個別に同期検波するために、複数の検波回路を備え、その各検波出力信号 F S は主制御ユニット（MCU）30 に供給される。各検波出力信号 F S は、所謂 S カーブ信号と呼ばれ、受光用スリット板 14 のスリット中心とウエハ W からの反射スリット像の振動中心とが一致したときに零レベルとなり、ウエハ W がその状態から上方に変位しているときは正のレベル、ウエハ W が下方に変位しているときは負のレベルになる。従って、検波出力信号 F S が零レベルになるときのウエハ W の露光面（例えば表面）の高さ位置が合焦点として検出される。但し、このような斜入射方式では、合焦点（検波出力信号 F S が零レベル）となったウエハ W の高さ位置が、いつでも最良結像面 F o と必ず一致しているという保証はない。即ち、斜入射方式ではその系自体で決まる仮想的な基準面を有し、その仮想的な基準面にウエハ W の露光面が一致したときに同期検波回路 17 からの検波出力信号 F S が零レベルになるのであって、仮想的な基準面と最良結像面 F o とは装置製造時等に極力一致するように設定されてはいるが、長期間に亘って一致しているという保証はない。そこで、図 4 中のプレーンパラレル 12 を主制御ユニット 30 による制御のもとで傾けて、仮想的な基準面を光軸 A X 方向に変位させることで、その仮想的な基準面と最良結像面 F o との一致（又は位置関係の規定）を図ることができる。

【0030】また、主制御ユニット 30 は、図 1 の光電センサー 55 からの出力信号 K S を入力して、斜入射方式の多点 A F 系をキャリブレーションする機能、プレーンパラレル 12 の傾きを設定する機能、多点 A F 系の各検波出力信号 F S に基づいて Z・レベリングステージ 20 の駆動用モータ 19 を駆動する駆動部（Z-DRV）18 へ指令信号 D S を出力する機能、及び X Y ステージ 21 を駆動するための駆動部（モータとその制御回路を含む）22 を制御する機能等を備えている。

【0031】図 5 は、投影光学系 P L の投影視野 I f と、多点 A F 系からのスリット像 S T との位置関係をウエハ W の表面上で見た図である。投影視野 I f は一般に円形であり、レチクル R のパターン領域 P A のパターン像が投影されるショット領域 S A は、その円形内に含まれる矩形となっている。スリット像 S T は、X Y ステージ 21 の移動座標軸でもある X 軸及び Y 軸のそれぞれに対して 45° 程度傾けてウエハ W 上に投影される。従って、投光用対物レンズ 5 及び受光用対物レンズ 8 の両光

軸 A F x のウエハ W への射影は、スリット像 S T と直交した方向に伸びている。更に、スリット像 S T の中心は、光軸 A X とほぼ一致するように定められている。このような構成で、スリット像 S T は、ショット領域 S A 内で出来るだけ長く伸びるように設定される。

【0032】一般にショット領域 S A には、それまでの露光工程等により凹凸を有する回路パターンが形成されている。この場合、デバイス製造のプロセスを経る度に、その凹凸の状態の変化量が増大し、スリット像 S T の長手方向においても、その凹凸の状態が大きく変化することがある。特に 1 つのショット領域内に複数のチップパターンを配置する場合、各チップパターンを分離するためのスクライブラインがショット領域内に X 方向又は Y 方向に伸びて形成されることとなり、スクライブライン上の点とチップパターン上の点との間には、極端な場合で  $2\mu\text{m}$  以上の段差が生じることもある。スリット像 S T 内のどの部分にスクライブラインが位置するかは、設計上のショット配列やショット内のチップサイズ等によって予め分かるので、スリット像 S T の長手方向の任意の部分からの反射光が回路パターン、又はスクライブラインの何れからの反射光であるのかは認識できる。

【0033】図 6 は、受光用スリット板 1 4 とアレイセンサー 1 5 とを分離した状態を示し、この図 6 において、スリット板 1 4 はガラス基板上にクロム層（遮光膜）を全面に蒸着し、その一部にエッチングにより透明なスリットを形成したものである。このスリット板 1 4 を、保持フレーム 1 4 A 上に固定し、この保持フレーム 1 4 A を、アレイセンサー 1 5 を保持するセラミックス等のプリント基板 1 5 A 上に例えば不図示のねじを用いて固定する。これによって、スリット板 1 4 のスリットはアレイセンサー 1 5 の一次元の受光画素の配列と平行になって密着される。このようにスリット板 1 4 とアレイセンサー 1 5 とは極力密着又は近接させた方が良いが、スリット板 1 4 とアレイセンサー 1 5 との間に結像レンズ系を設け、スリット板 1 4 とアレイセンサー 1 5 とを光学的に共役にしてもよい。なお、先の図 6 で示したスリット像 S T のウエハ W 上での長さは、投影視野 I f の直径によっても異なるが、投影光学系 P L の倍率が  $1/5$ （縮小）で、投影視野 I f の直径が  $32\text{mm}$  前後である場合、その投影視野 I f の直径の  $1$  倍～ $1/3$  倍程度にするのが望ましい。

【0034】さて、図 7 は、アレイセンサー 1 5、セレクト回路 1 3、同期検波回路 1 7、及び主制御ユニット 3 0 の具体的な回路構成の一例を示し、この図 7 において、セレクト回路 1 3 は 5 個のセレクト回路 1 3 A～1 3 E より構成され、同期検波回路 1 7 も 5 個の同期検波回路 1 7 A～1 7 E より構成されている。そして、アレイセンサー 1 5 の受光画素を 5 つのグループ G a～G e に分け、各グループ内からセレクト回路 1 3

によりそれぞれ 1 つの受光画素を選択する。この場合、グループ G a～G e は、それぞれ図 5 のスリット像 S T に沿った 5 つの計測点 P 1～P 5 の前後のスリット像を検出する。また、一例として、ここではセレクト回路 1 3 A～1 3 E において、計測点 P 1～P 5 上のスリット像を受光する受光画素の検出信号を選択するものとする。

【0035】具体的に、図 7 において、アレイセンサー 1 5 の受光画素のグループ G a 内には複数の受光画素が含まれ、セレクト回路 1 3 A によってそれら受光画素内で計測点 P 1 上の像を検出する受光画素を選択し、この受光画素の出力信号を同期検波回路 1 7 A に供給する。なお、セレクト回路 1 3 A は、グループ G a 内の受光画素の内任意の 1 つを選択してその出力信号を同期検波回路 1 7 A に送る機能の他に、グループ G a 内の隣接する 2 つ、又は 3 つの受光画素を任意に選び、それらの出力信号を加算した信号を同期検波回路 1 7 A へ送る機能をも備えている。同様に、グループ G b～G e 中の各受光画素からの出力信号もそれぞれセレクト回路 1 3 B～1 3 E 内で選択され、選択された出力信号がそれぞれ同期検波回路 1 7 B～1 7 E へ供給される。

【0036】同期検波回路 1 7 A～1 7 E は、それぞれ発振器 1 6 からの基本波交流信号を受け取って検波出力信号 F S a～F S e を出力する。これらの検波出力信号 F S a～F S e は、主制御ユニット 3 0 内のアナログ／デジタル変換器（A D C）3 0 A でそれぞれデジタルデータに変換されて補正演算部 3 0 B、及び偏差検出部 3 0 C に供給される。補正演算部 3 0 B には、露光プロセスデータ記憶部 3 0 F より当該ウエハのプロセス構造に関するデータ（露光面の凹凸分布、及び凹凸の段差のデータを含む）も供給されると共に、記憶部 3 0 D より信号校正用のオフセット値も供給されている。そして、補正演算部 3 0 B は、一例として 5 つの検波出力信号の値、即ちウエハ上の 5 点でのフォーカスずれ量、及びプロセス構造に関するデータ等に基づいて、ウエハ上の各計測点の Z 方向での目標位置に対応する検波出力値を算出し、その値を偏差検出部 3 0 C に供給する。この偏差検出部 3 0 C は、補正演算部 3 0 B からの出力値と A D C 3 0 A からの検波出力値との偏差を検出し、この偏差を少なくするような指令信号 D S を図 4 の駆動部 1 8 に供給する。

【0037】より具体的に、偏差検出部 3 0 C では、例えば補正演算部 3 0 B からの目標とする検波出力信号と A D C 3 0 A からの検波出力信号 F S a～F S e との偏差の自乗和が最小になるように、即ち最小自乗法により、駆動部 1 8 を制御する。これにより、Z・レベリングステージ 2 0 の Z 方向の位置、及び傾斜角が制御されて、図 5 の計測点 P 1～P 5 の平均的な面が投影光学系 P L の結像面に合致するように合焦が行われる。

【0038】なお、図 5 では計測点 P 1～P 5 が 1 直線

上に配列されているため、制御される傾斜角はウエハWの表面でスリット像STに垂直な直線を軸とする傾斜角のみである。ウエハW上の表面の直交する2軸の回りの傾斜角を制御するには、それら計測点P1～P5を2次的に配列する（例えば複数のパターン像を平行に並べるか、あるいは互いに交差させるように形成する）か、又は後述のようにウエハW上のショット領域SAをスリット像STに対して所定方向に走査して、そのショット領域SAの全面での高さ分布を計測すればよい。

【0039】また、図7において、記憶部30Dに予め記憶されているオフセット値は、較正值決定部30Eによって計測、算出されるものであり、較正值決定部30Eは5つの検波出力信号F Sa～F Se、及び光電センサ55の出力信号KSより、多点AF系の仮想的な基準面とベストフォーカス面Foとの偏差を、検波出力上の零レベルからの偏差電圧として求める。較正值決定部30E内には、5つの検波出力のそれぞれのレベルと信号KS（図3参照）とを同時にデジタルサンプリングするためのアナログ／デジタル変換器、及び波形メモリ等も含まれている。

【0040】ここで図9を参照して、較正值決定部30Eの具体的な構成例を説明する。先ずTTL（スルー・ザ・レンズ）方式の絶対フォーカス検出系の光電センサ55からの出力信号KSは、アナログ／デジタル変換器（ADC）300に入力され、その信号レベルに対応したデジタル値に変換されてメモリとしてのRAM301に記憶される。このRAM301のアドレス指定は、カウンタ304によって行われるが、カウンタ304の計数、及びADC300の変換タイミングはどれもクロックジェネレータ（CLK）303からのクロックパルスに同期している。同様に、5つの検波出力信号F Sa～F Seの1つが、選択スイッチ308を介してADC305に供給され、ここで変換されたデジタル値はカウンタ307によってアドレス指定されるRAM306に記憶される。従って、RAM301、306には、それぞれ出力信号KS、及び選択された1つの検波出力信号の時間的に変化する波形が取り込まれる。これらRAM301、306内の波形は、演算処理部310でスムージング、及び極大値検出等を行う際の処理データとして使用される。

【0041】なお、演算処理部310は、RAM301、306に信号波形を取り込むために、Z・レベリングステージ20のZ方向への等速移動を制御するための信号を駆動部18へ出力すると共に、多点AF系の各計測点の位置に図2（a）のスリットマークISx、ISy、ISaの中心を移動させるための駆動信号を図4のXYステージ用の駆動部22へ出力する。

【0042】図10（a）は、1つの検波出力信号FSの変化特性を示し、Z・レベリングステージ20をZ方向にベストフォーカス面を含む一定範囲内で等速移動さ

せたときにRAM306に格納される波形データに対応する。また、図10（b）はそのときにRAM301内に格納される信号KSの波形を表す。同期検波信号は零点を中心にほぼ点対称な波形になるため、零点よりも小さな負レベルのデータについては、負レベルも考慮してアナログ／デジタル変換される。

【0043】図9のRAM301内には、図10（b）に示す極大値を取る信号KSの波形が時間tに対応するアドレスに格納されるので、演算処理部310は、その波形を解析して極大点を得られた時点T<sub>1</sub>を求める。次に、演算処理部310は、RAM306内の時点T<sub>1</sub>に対応するアドレスポイントを求め、このアドレスポイントに記憶されている検波出力信号FSのレベルΔFSを求める。このレベルΔFSは、検波出力信号FS上の零点からのオフセット電圧であり、この図10（a）のような検波出力を発生する多点AF系の測定点では、検波出力が+ΔFSになるようにその測定点でのウエハ表面をZ方向に移動させると、そのウエハ表面とベストフォーカス面Foとが合致することになる。

【0044】ところで、図9の回路を使うときには、図4のXYステージ21を移動させて、基準マーク板FM上のスリットマークの中心が多点AF系の各測定点の何れか1つの位置に来るように位置決めされる。その位置決めはそれ程厳密である必要はなく、多点AF系の測定点とスリットマーク群の中心とが、X方向及びY方向に100μm前後ずれていてもよい。従って、多点AF系の測定点、即ち図5に示したスリット像ST内の測定点P1～P5が決まったら、それらの測定点を中心に±100μm程度の範囲でスリットマーク群の位置をX方向及びY方向にずらすと共に、Z方向に振って、信号KSのピークがある程度大きくなる座標位置を求めてもよい。また、これは確率的には極めて小さいが、スリットマーク群の全てがレチクルRの透過部に一致してしまう不都合（信号KSのSN比の低下）をなるべく避けるためである。但し、較正動作を高速に行うときは、信号のピークが大きくなる座標位置をサーチしなくとも、ほぼ同等の精度でオフセット値ΔFSを求めることが可能である。また、そのオフセット値は各測定点P1～P5毎に求められる。

【0045】このようにして、図5の各計測点P1～P5がそれぞれZ方向で投影光学系PLによる最良結像面の位置に合致するときの検波出力信号F Sa～F Seの値、即ちその最良結像面でのオフセット値BF a～BF eが求められる。図5において、ショット領域SAを例えばX方向にスリット像STに対して走査してショット領域SAの全面に分布する計測点で検波出力信号を求める際にも、各計測点でのオフセット値はそうにして求めたオフセット値BF a～BF e内の何れかの値である。

【0046】次に、本実施例における合焦及び露光動作

の一例につき図 5、図 8、図 11、及び図 12 を参照して説明する。この場合、前提として、図 5 の各計測点 P1～P5 をそれぞれ投影光学系 PL の結像面に合焦させた場合の検波出力信号 F S a～F S e の値、即ち多点 A F 系の仮想的な基準面に対する結像面のオフセット値 B F a～B F e は予め計測されているものとする。なお、図 4 のプレーンパラレル 12 の回転角を調整すれば、それらオフセット値 B F a～B F e はほぼ 0 にすることができるので、ここでもそれらオフセット値 B F a～B F e は 0 に近い値である。また、XY ステージ 21 を駆動した際の Z・レベリングステージ 20 の走り面と投影光学系 PL の最良結像面とは実質的に平行であるとみなす。

【0047】先ず、図 11 のステップ 101 において、XY ステージを駆動して図 5 に示すように、計測対象（露光対象）のショット領域 S A の中央部を斜入射多点 A F 系からのスリット像 S T の投影領域上に移動する。その後、ステップ 102 において、スリット像 S T の中心の計測点 P3 でオートフォーカスを行う。即ち、計測点 P3 に対応する検波出力信号 F S c が最良結像面のオフセット値 B F c になるように Z・レベリングステージ 20 の Z 方向の高さを調整し、この状態で Z・レベリングステージ 20 をロックする。従って、これ以後は計測が終了するまで Z・レベリングステージ 20 の高さ、及び傾斜角は一定である。このように一度オートフォーカスを行うのは、ショット領域 S A 内の凹凸の分布が多点 A F 系の検出範囲から外れるのを防止するためである。

【0048】但し、本実施例ではステップ 102 においてスリット像 S T の中心の計測点 P3 でオートフォーカスを行う代わりに、ショット領域 S A 内部又は近傍に基準面となる平面がある場合は、この平面にてオートフォーカスを行ってもよい。このときの計測点は P3 である必要はなく、この平面に最も近い計測点を選択してもよい。また、露光プロセスデータを用いてオートフォーカスを行うべき計測点を決定するようにしてもよい。要は計測点 P3 である必要はなく、多点 A F 系のスリット像 S T でウエハを走査するときに、その走査範囲内のどここの点であっても多点 A F 系によって検出されるフォーカス位置のずれ量がその検出範囲（S カーブによって決まる）から外れなければよい。

【0049】次に、ステップ 103 において、XY ステージ 21 を駆動して、図 5 に示すようにショット領域 S A をスリット像 S T の-X 方向に手前側の計測開始位置 S B に移動させた後、ステップ 104 において、XY ステージ 21 を駆動して、スリット像 S T に対して X 方向にショット領域 S A を走査し、補正演算部 30 B 内のメモリに各検波出力信号 F S a～F S e を格納する。この際、XY ステージ 21 の座標はレーザ干渉計により計測されているため、そのメモリ内でレーザ干渉計で計測される座標に対応するアドレスに順次検波出力信号 F S a

～F S e を格納していけばよい。その後、ステップ 105 において、得られた検波出力信号 F S a～F S e（それぞれ時系列の信号となっている）に基づいてショット領域 S A 内のプロセス段差の分類を行う。

【0050】具体的に、図 8（a）はウエハ W 上のそのショット領域 S A 内の或る断面を示し、この断面上に計測点 P1～P5 が設定されている。なお、実際にはウエハ W 上にはフォトレジストが塗布されているが、フォトレジストは省略してある。図 8（a）において、多点 A F 系の仮想的な基準面 41 上に各計測点 P1～P5 が来ると、対応する検波出力信号 F S a～F S e がそれぞれ 0 となる。また、投影光学系 PL の最良結像面 42 はその仮想的な基準面 41 からは或る程度外れているものとしている。この場合、ウエハ W 上には既に複数層の回路パターンが形成され、それに応じてその表面は凹凸となっている。そのため、各計測点 P1～P5 で得られる検波出力信号を F S a～F S e とすると、これら検波出力信号の値もその凹凸に応じた値となっている。

【0051】例えばウエハ W 上の凸部のパターン領域 40 A 上に計測点 P1、P2 が位置し、凹部のパターン領域 40 B 上に計測点 P3 が位置し、凸部のパターン領域 40 C 上に計測点 P4、P5 が位置しているものとする。計測点 P3 での検波出力信号 F S c の値が最も小さくなる。これを利用して、本実施例の図 7 の補正演算部 30 B は、隣接する計測点に対応する検波出力信号の差分を求めることにより、当該ショット領域の凹凸分布を求める。また、補正演算部 30 B には、露光プロセスデータ記憶部 30 F からプロセス構造に関するデータも供給されているため、補正演算部 30 B は、上述のように求めた凹凸分布と、そのプロセス構造との比較より計測点 P1～P5 が位置するパターン領域 40 A～40 C を識別できる。

【0052】これにより、例えば各パターン領域 40 A～40 C が、メモリセル部、周辺回路部（ロジック部）、又はスクライプライン等の何れに属するのかが判別される。また、補正演算部 30 B は、供給されたデータより、各パターン領域 40 A、40 C の段差 Z<sub>A</sub>、及びパターン領域 40 B の段差 Z<sub>B</sub> を認識できる。これらの段差はウエハ W の回路パターンの無い部分からの高さであるが、後述のようにこれらの段差の差分だけが問題となる。

【0053】また、前記隣接する計測点間での差分データにより得た段差情報より、各々の段差領域内での検波出力信号について分散等（ばらつき）を求めることにより、各段差領域内のパターン密度の違い等による段差を知ることができる。これにより計測点 P1～P5 の前後で安定した計測点を求めることもできる。次に、ステップ 106 において、ショット領域 S A 上で合焦させたい部分の面を合焦基準面として決定する。例えば図 8

（a）において、計測点 P3 が位置するパターン領域 4



0 B 上に最も線幅の狭いパターンが露光されるものとして、パターン領域 4 0 B を合焦基準面とする。但し、ショット領域 S A 内で最も広い（面積が大きい）パターン領域（例えばパターン領域 4 0 A）を合焦基準面とする場合も有り得る。合焦基準面は、ショット領域内のパターン領域毎の合焦の優先度（パターン線幅、ピッチ等に応じて定まる）に従って選択、決定すればよい。

【0054】その後、ステップ 1 0 7 において、計測点 P 1 ~ P 5 における検波出力信号 F a ~ F e に対するオフセット値  $\Delta a \sim \Delta e$  を求める。図 8 (a) において、検波出力信号から Z 方向への変位への変換係数を k とすると、合焦基準面であるパターン領域 4 0 B 上の計測点 P 3 における検波出力信号 F c に対するオフセット値  $\Delta c$  は 0 である。また、計測点 P 1, P 2, P 4, P 5 における検波出力信号 F a, F b, F d, F e に対するオフセット値  $\Delta a, \Delta b, \Delta d, \Delta e$  は、それぞれ  $(Z_A - Z_B) / k$  となる。

【0055】次に、ステップ 1 0 8 において、補正演算部 3 0 B は、図 8 (a) の最良結像面 4 2 での検波出力信号のオフセット値 B F a ~ B F e に、ステップ 1 0 7 で求めたオフセット値  $\Delta a \sim \Delta e$  を加算する。これは、実線で示す最良結像面 4 2 を点線で示すような仮想的な段差を含む最良結像面 4 2 A に変換するのと等価であり、その仮想的な最良結像面 4 2 A に対してパターン領域 4 0 A ~ 4 0 C を合焦させることになる。

【0056】即ち、ステップ 1 0 9 において、補正演算部 3 0 B は、仮想的な最良結像面 4 2 A の検波出力信号、即ち  $(B F a + \Delta a) \sim (B F e + \Delta e)$  を偏差検出部 3 0 C に供給する。また、偏差検出部 3 0 C には実際のパターン領域 4 0 A ~ 4 0 C に対応する検波出力信号 F a ~ F e がリアルタイムで供給されている。そこで、偏差検出部 3 0 C が、Z・レベリングステージ 2 0 用の駆動部 1 8 に対して、例えば最小自乗法を利用して、オフセット値  $(B F a + \Delta a) \sim (B F e + \Delta e)$  と検波出力信号 F a ~ F e との偏差の自乗和が最小になるような駆動信号を供給する。これにより、図 8 (b) に示すように、合焦基準面であるパターン領域 4 0 B は、実際の最良結像面 4 2 に合致する。その後、ステップ 1 1 0 で露光を行うことにより、最も線幅の狭いパターンが高い解像度で露光される。

【0057】このとき、パターン領域 4 0 B 以外のパターン領域 4 0 A, 4 0 C は投影光学系の焦点深度内に設定されるが、前述のステップ 1 0 7 においてオフセット値  $\Delta a \sim \Delta e$  が焦点深度を超え得るときには、例えばオフセット値  $\Delta a \sim \Delta e$  に重み付けを行ってパターン領域 4 0 A, 4 0 C が焦点深度内に入るように合焦基準面を見掛け上 Z 方向にシフトさせるようにしてもよい。これは、ショット領域の全面が焦点深度内に入っている場合にも適用可である。また、単純にパターン領域 4 0 A, 4 0 C が焦点深度の幅内に入るように、合焦基準面（パ

ターン領域 4 0 B) をシフトさせてもよい。

【0058】なお、上述の実施例では図 7 に示すように、偏差検出部 3 0 C で目標値と実際の検波出力信号とを比較する方式であるため、目標値である最良結像面 4 2 に段差のオフセット値  $\Delta a \sim \Delta e$  を加算していた。しかしながら、図 7 において実際の検波出力信号にオフセット補正を行って偏差検出部 3 0 C に供給する方式を採るときには、実際の検波出力信号からそれらオフセット値  $\Delta a \sim \Delta e$  を差し引けばよい。

【0059】なお、実際には、図 5 のショット領域 S A の全面に分布する計測点での検波出力信号が得られ、ショット領域 S A の全面での凹凸分布が識別される。しかしながら、図 7 において A D C 3 0 A からリアルタイムで供給される検波出力信号は図 5 のスリット像 S T 上の 5 点での検波出力信号のみである。また、スリット像 S T 上のデータを用いるのみでは、スリット像 S T に平行な軸の回りの傾斜角の補正ができない。そこで、そのスリット像 S T に平行な軸の回りのウエハ W の傾斜角の補正は一例としてオープンループで行う。即ち、ショット領域 S A をスリット像 S T に対して走査することにより、図 8 (a) に示すように、仮想的な最良結像面 4 2 A の検波出力信号と、実際のパターン領域での検波出力信号とが求められる。そこで、予め、図 4 の駆動部 1 8 の制御量と Z・レベリングステージ 2 0 の傾斜角の関係を求めておき、実際のパターン領域での検波出力信号と仮想的な最良結像面 4 2 A の検波出力信号との差分を打ち消す量だけ Z・レベリングステージ 2 0 の傾斜角を制御する。これにより、オープンループ制御で、図 5 のショット領域 S A の全面に分布する最も線幅の狭いパターンが露光されるパターン領域が全体として投影光学系 P L の最良結像面に合焦される。

【0060】なお、図 1 1 のステップ 1 0 4 において、ステップ 1 0 4 A で示すように、X Y ステージ 2 1 を X 方向に一定ピッチでステップングさせて、その X Y ステージ 2 1 が停止する毎に、即ちその一定ピッチで検波出力信号 F a ~ F e をメモリに格納するようにしてもよい。この方法により、X Y ステージ 2 1 の動きに伴う空気の揺らぎの影響が低減されるという効果がある。

【0061】また、図 1 1 のステップ 1 0 1 ~ 1 0 2 の動作の代わりに、図 1 2 のステップ 1 1 1 及び 1 1 2 のようにしてもよい。即ち、このステップ 1 1 1 では、先ず X Y ステージ 2 1 を駆動して、図 5 に示すように、ショット領域 S A を計測開始位置 S B に移動させる。その後、ステップ 1 1 2 において、図 5 のスリット像 S T の中央の計測点 P 3 でオートフォーカスを行って、Z・レベリングステージ 2 0 のフォーカス位置をロックする。その後、図 1 1 のステップ 1 0 4 又は 1 0 4 A に移行してショット領域 S A の全面での検波出力信号のサンプリングを行う。その後の処理は図 1 1 の動作と同じである。この図 1 2 のシーケンスでは、ウエハステージ 2 1

の動作に無駄がなく計測が効率的に行われる。

【0062】なお、上述実施例では、図4においてXYステージ21を駆動した際のZ・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの最良結像面とがほぼ平行であるとみなしていた。これに対して、Z・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの結像面とが平行でない場合には、次のような補正動作が必要となる。即ち、XYステージ21を駆動したときのZ・レベリングステージ20の走り面と投影光学系PLの結像面との偏差（像面傾斜、湾曲等）を装置定数として例えば補正演算部30B内のメモリに持つようにする。この場合、例えば図11のステップ104の方法で求めた検波出力信号は、Z・レベリングステージ20の走り面を基準とした計測結果を示しているの、その計測結果に装置定数として記憶している結像面との偏差量を加算してやればよい。

【0063】また、上述実施例では図5に示すように、ウエハW上の1つのショット領域SAで凹凸分布を求めているが、ウエハW上の他のいくつか（1つ以上）のショット領域でも同じ計測を行って、得られた検波出力信号を平均化し、平均化して得られた結果とプロセス構造との比較からウエハ上の各ショット領域内の凹凸分布を求めてもよい。これにより、フォトレジストの塗布むらの影響等が軽減される。

【0064】次に、上述実施例では図5に示したようにウエハW上の所定のショット領域SA内でZ方向の位置検出を行っていたが、ウエハWの全面で例えばショット領域の配列ピッチの整数分の1のピッチでZ方向の位置検出を行ってもよい。具体的に、ショット領域のX方向への配列ピッチが $P_x$ であれば、X方向でのフォーカス位置計測の間隔は、2以上の整数Nを用いて $P_x/N$ となる。このとき、ショット領域の配列ピッチと同じ周期で、多点AF系からの検波出力信号の出力変化が繰り返される。

【0065】この場合、ウエハの露光面に塵等の異物があるか、又はウエハに反り等による形状変化があると、そのショット領域での多点AF系の出力変化が他のショット領域での出力変化と異なる。そこで、検波出力信号をショット領域の配列ピッチに対応する周期でサンプリングした値の平均値からの偏差が、所定の閾値以上となっているショット領域に対しては、合焦基準面に対する検波出力信号のオフセット量を別に算出することが望ましい。また、この様な異物や反り等の影響が表されているショット領域に対しては、警告またはエラーとしてアシスト処理（オペレータコール）等の処理を行っても良い。

【0066】次に、上述実施例ではSカーブ状に変化する検波出力信号FよりウエハWの露光面のZ方向の位置（フォーカス位置）を計測している。図13の曲線44は、その検波出力信号F Sの一例を示し、この図13

において、従来は曲線44の内で直線45でほぼ近似できる区間を用いて、検波出力信号F SからZ方向の位置を求めている。しかしながら、これではZ方向での位置検出範囲が狭いという不都合がある。そこで、位置検出範囲を広くするため、例えば図4のZ・レベリングステージ20を移動ピッチ $\Delta Z$ でZ方向に移動させたときの検波出力信号F S（実際にはF S<sub>a</sub>～F S<sub>e</sub>のそれぞれについて計測する）をメモリに記憶させておく、即ち、図13の曲線44を近似的に求めておくのが望ましい。この場合、Z方向の位置に対して検波出力信号F Sの値が記憶される。

【0067】そして、実際にZ方向の位置計測を行う際には、検波出力信号F Sの値が $V_i$ であれば、曲線44からZ方向の位置 $Z_i$ が正確に求められる。これに対して、曲線44を直線45で近似した場合には、検波出力信号が $V_i$ のときのZ方向の位置は $Z_h$ となり誤差が生ずる。次に、上述実施例では、実際の計測結果に基づいてZ・レベリングステージ20の傾斜角の制御を行っている。しかしながら、投影光学系PLの結像面のXYステージ21の走り面に対する傾斜角は予め既知であるので、その傾斜角を予めZ・レベリングステージ20で行っておくようにしてもよい。これにより、多点AF系でZ方向の位置検出を行った場合に、傾斜角のずれ量が小さくなり、各計測点毎に算出されるオフセット値が小さくなる。従って、合焦に要する時間が短縮されると共に、合焦精度も向上する。

【0068】また、上述実施例では、図4に示すように多点AF系の受光系に配置されたプレーンパラレル12の傾斜角により、多点AF系の仮想的な基準面と最良結像面との位置関係を調整できるようになっている。これは、検波出力信号F S<sub>a</sub>～F S<sub>e</sub>に共通に現れるオフセット値はそのプレーンパラレル12の傾斜角で除去できることをも意味する。

【0069】ところが、受光系側にのみプレーンパラレル12を設けたものでは補正量が少ないので、送光系側にもプレーンパラレルを配置してもよい。このように2枚のプレーンパラレルで結像位置を補正することにより、結像位置の補正量を大きくできる。しかも、送光系及び受光系の双方にプレーンパラレルを入れて補正することにより、ウエハ上での明暗パターンの位置ずれをも補正できる。

【0070】なお、多点AF系の送光系にプレーンパラレルを配置し、例えば図11のステップ109でこのプレーンパラレルを用いて共通のオフセット補正を行うと、ステップ104で検波出力信号を計測したときと、ステップ109で検波出力信号を計測するときとで、ウエハW上でのスリット像STの位置ずれが生ずる。そこで、この位置ずれの影響を低減させるためには、プレーンパラレルの傾斜角に対するウエハW上でのスリット像STの位置ずれ量を予め測定しておき、ステップ109

で各計測点に対応して最良結像面のオフセット値に付加するオフセット量を、その予め測定しておいた位置ずれ量に基づいて補正すればよい。

【0071】次に、上述実施例では、図5に示すように、ウエハW上のショット領域SAに対して対角線方向に斜めにZ方向の位置検出用のスリット像STが投影され、このスリット像ST上の5点が計測点P1～P5として選択されている。これに対して、図14に示すように、ショット領域SA上に、X方向及びY方向に所定ピッチで2次元的にN個（図14ではNは25）の計測点P11, P12, …, P74を設定し、これら計測点にそれぞれ焦点検出用のパターン像を投影してもよい。この場合、各パターン像を受光する受光素子（受光画素）の個数も計測点と同じ個数になり、例えば同期検波方式を採用する場合、全ての計測点からのパターン像の光電変換信号を並行して処理するのは困難である。そこで、例えば図7に示すようなセレクト回路13A～13Eを用いて、それらN個の光電変換信号から5個ずつの光電変換信号を選択し、時分割的に同期検波を行うようにしてもよい。このような時分割方式により、回路構成が簡略化される。

【0072】また、焦点検出を行うのに、スリット像を投影する代わりに、例えば所定ピッチの格子状のパターン像をウエハ上に斜めに投影するようにしてもよい。この場合、そのウエハからの反射光を用いて、例えば2次元CCD等の2次元の撮像素子上にその格子状のパターン像を再結像し、再結像された像の横ずれ量から対応するウエハの露光面でのZ方向への位置ずれ量が求められる。

【0073】また、スリット像を投影して例えば1次元のラインセンサ上での再結像されたパターン像の位置を検出してZ方向への位置ずれ量を求める方式でもよい。この方式ではキャリブレーション用のプレーンパラレルを設けなくてもよく、常に電氣的なオフセットを用いるようにすればよい。ショット領域内の高さが異なる少なくとも2つのパターン領域（スクライブライン等を含む）の各々に少なくとも1つの計測点を設定すればよいが、例えば各パターン領域に複数の計測点を設定し、オフセット値 $\Delta a \sim \Delta e$ を求めるときは領域毎にその複数の計測値を統計処理又は平均化又は加重平均化処理して、オートフォーカス動作時には領域毎にその求めたオフセットを1つの計測点に与えてその計測点での検波出力信号を用いるようにしてもよい。要は、1つのパターン領域内に複数の計測点があるとき、各計測点毎にそのオフセットを求める必要はなく、また複数の計測点の各々で全てショット面と結像面とを合わせるようなオートフォーカス動作を行わなくてもよく、パターン領域毎に少なくとも1つの計測点でのオフセットを求め、当該計測点を用いてオートフォーカス動作を行えばよい。

【0074】次に、上述実施例の図4に示す斜入射方式

のAF系（焦点位置検出系）では、焦点検出用の照明光ILとして、ウエハW上のフォトレジストに対して非感光性、又は感光性の弱い波長域の光が使用されている。更に、フォトレジストでは、入射する光束による薄膜干渉が生ずるため、特にその光束が単色光の場合にはそのフォトレジストの厚さによって反射される光の強度がかなり弱くなることがある。そこで、その薄膜干渉の悪影響を軽減するためには、その照明光ILとして100nm以上の帯域幅を有する光束を使用することが望ましい。具体的に、照明光ILとしては、ハロゲンランプから照射される光束より波長選択フィルタにより選択された、例えば700nm～900nm程度の波長域の光束が使用できる。また、発光ダイオードからの700nm～900nm程度の波長域内の照明光を使用してもよい。更に、例えば複数の半導体レーザ素子からの光束を混合して得られる複数の単色光を照明光ILとしてもよい。

【0075】但し、照明光ILとして所定の波長域、又は複数波長の光束を使用した場合、波長に対する光強度の分布が均一でなく、例えば特定の波長の光強度が強いと、その特定の波長で薄膜干渉の影響を受ける恐れがある。そこで、それを避けるためには、図4に示すように、AF系のアレイセンサー15の前に、波長に対する光電変換信号の分布を均一化するための光学フィルタ板60を配置することが望ましい。なお、その光学フィルタ板60は、照明光ILを発生する不図示の光源とそのアレイセンサー15との間のどの位置に配置されていてもよい。

【0076】図15を参照して、具体的にその光学フィルタ板60の特性の一例につき説明する。まず、照明光ILの波長 $\lambda$ に対する光強度 $L_E(\lambda)$ の分布が図15(a)に示すように山型であるとする。この場合、光学フィルタ板60の波長 $\lambda$ に対する透過率 $T(\lambda)$ の分布は、図15(b)に示すように、ほぼ谷型に設定する。但し、透過率 $T(\lambda)$ はアレイセンサー15における波長感度特性を考慮して補正してある。

【0077】即ち、例えばアレイセンサー15における波長 $\lambda$ に対する検出感度（出力信号/入射する光強度） $PSV(\lambda)$ が、図15(c)の点線で示すように右上がりとなっているものとする。この場合、光学フィルタ板60を通過してアレイセンサー15で受光される光束の波長 $\lambda$ に対する光強度 $L_R(\lambda)$ の分布は、光強度 $L_E(\lambda)$ と透過率 $T(\lambda)$ との積であるため、その光強度 $L_R(\lambda)$ の分布が図15(c)の実線のように多少右下がりとなるように透過率 $T(\lambda)$ の分布を定めておく。このとき、波長 $\lambda$ の光束に対してアレイセンサー15から出力される光電変換信号 $SR(\lambda)$ は、検出感度 $PSV(\lambda)$ と光強度 $L_R(\lambda)$ との積であるため、図15(d)に示すように波長 $\lambda$ に対してほぼ平坦な特性となる。これにより、フォトレジストにおける薄膜干渉

の悪影響を低減することができ、安定にウエハの表面の段差計測を行うことができる。

【0078】なお、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0079】

【発明の効果】本発明によれば、複数の計測点に対応する光電検出手段のそれぞれの検出信号、及び基板の露光面のプロセス構造に基づいて、複数の計測点毎に独立に基板上の合焦の基準面を投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求める演算手段を設けたため、基板の各ショット領域の凹凸の状態に依らず、各露光領域（ショット領域）を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行うことができる利点がある。

【0080】また、投射光学系から投影光学系による露光領域内に焦点検出用のパターン像を投影した状態で、基板ステージを駆動して基板を走らせることにより、露光領域内の全面に分布する複数の計測点でそれぞれ対応する光電検出手段の検出信号を求め、演算手段が、その全面に分布する複数の計測点での光電検出手段の検出信号、及び基板の露光面のプロセス構造に基づいて、複数の計測点毎に独立に基板上の合焦の基準面を投影光学系による像面に合わせ込むためのオフセット値を求める場合には、簡単な構成の焦点検出用の光学系を使用して、基板の露光領域の全面の凹凸の状態を迅速に計測できる。従って、その露光領域の全面を最適な状態で投影光学系による結像面に合わせ込んで露光を行うことができる利点がある。また、基板の保持具（ウエハホルダ等）の平坦度が悪くても、基板の反りがあっても、基板と保持具との間に異物等があっても、それらに起因する合焦エラーも防止できる。すなわち、露光領域の全面を結像面と合致しないし焦点深度内に設定できる。

【0081】更に、投射光学系から投影光学系による露光領域内に焦点検出用のパターン像を投影する際に使用される光束を100nm以上の帯域幅を有する光束とした場合には、感光性の基板上の感光材料（フォトレジスト等）での薄膜干渉の悪影響が軽減される利点がある。更に、その基板上の凹凸のエッジ部等により光束が散乱、又は回折されることがあるが、広帯域の光束を使用したときには、たとえ特定の波長の光束が弱くなっても、全体としてSN比の良好な検出信号を得ることができる利点がある。

【0082】また、投射光学系内から複数の光電検出手段までの光路上に、焦点検出用のパターン像を投影する際に使用される光束の波長感度特性を一様化するための光学的フィルタを配置したときには、例えば広帯域の光束を使用した場合に、それら光電検出手段から出力される検出信号の波長に対する強度分布がほぼ平坦化されている。従って、特に所定の波長の光に影響されることな

く、正確に基板の露光面の高さ分布を計測することができる。

【0083】次に、演算手段が、複数の計測点毎に独立に求められたオフセット値を用いて、投影光学系による結像面の高さに応じた目標値を補正する場合には、この補正後の目標値と実際に得られる検出信号とが合致するような閉ループ制御を行うことにより、高精度にフォーカシング及びレベリングを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影露光装置の一実施例における投影光学系の最良結像面の検出機構を示す一部断面図を含む構成図である。

【図2】（a）は図1の基準マーク板FM上のマーク配置を示す拡大平面図、（b）はこの基準マーク板FM上に再結像される像とマークとの関係を示す拡大図である。

【図3】図1の検出機構から出力される信号KSの変化の様子を示す図である。

【図4】実施例の多点AF系の光学系及び制御系を示す構成図である。

【図5】図4の多点AF系で投影光学系PLの露光フィールド内に投影されるスリット像を示す図である。

【図6】図4中のスリット板14とアレイセンサー15との関係を示す分解斜視図である。

【図7】図4中のアレイセンサー15、セレクター回路13、同期検波回路17、及び主制御ユニット30の詳細な構成を示すブロック図である。

【図8】本実施例で導入されるオフセット値の説明図である。

【図9】図7中の補正值決定部30Eの構成例を示すブロック図である。

【図10】検波出力信号FSと信号KSとの関係を示す図である。

【図11】実施例の焦点検出動作及び露光動作の一例を示すフローチャートである。

【図12】図11の動作の変形例を示すフローチャートである。

【図13】検波出力信号FSとZ方向の位置との関係を示す図である。

【図14】ウエハのショット領域上に2次元的に分布する計測点にそれぞれスリット像を投影する場合を示す拡大平面図である。

【図15】（a）は本発明の実施例の変形例において、AF系で使用される照明光の波長特性を示す図、（b）はその変形例で使用される光学フィルタ板60の透過率分布を示す図、（c）はアレイセンサー15で受光される光束の波長特性、及びアレイセンサー15の波長感度特性を示す図、（d）はアレイセンサー15から出力される光電変換信号の波長特性を示す図である。

【符号の説明】

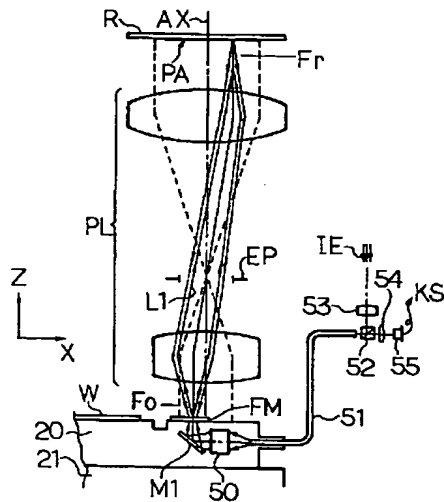
25

26

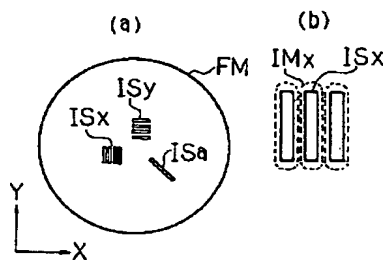
1 スリット板  
 10 振動ミラー  
 12 平行平面板 (プレーンパラレル)  
 13 セレクター回路  
 14 スリット板  
 15 アレイセンサー  
 17 同期検波回路  
 R レチクル  
 PL 投影光学系

W ウエハ  
 20 Z・レベリングステージ  
 21 XYステージ  
 30 主制御ユニット  
 30B 補正演算部  
 30C 偏差検出部  
 30F 露光プロセスデータ記憶部  
 60 光学フィルタ板

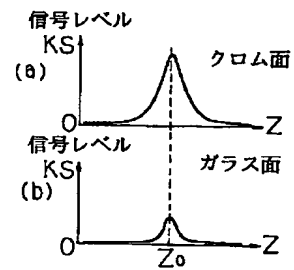
【図1】



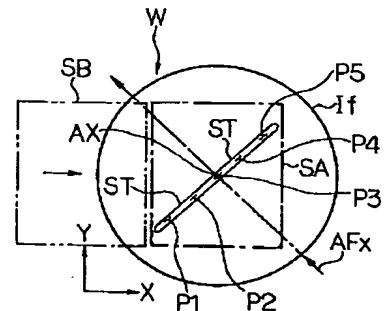
【図2】



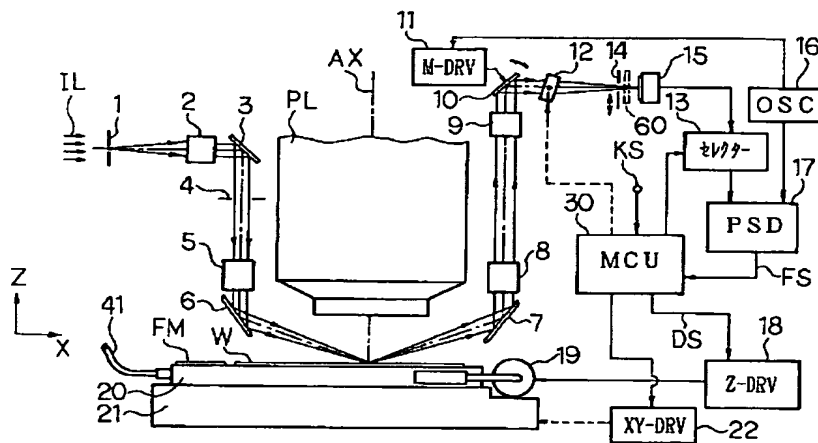
【図3】



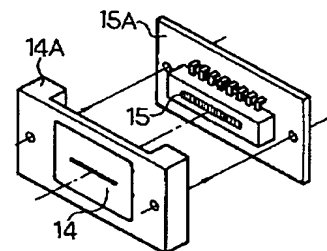
【図5】



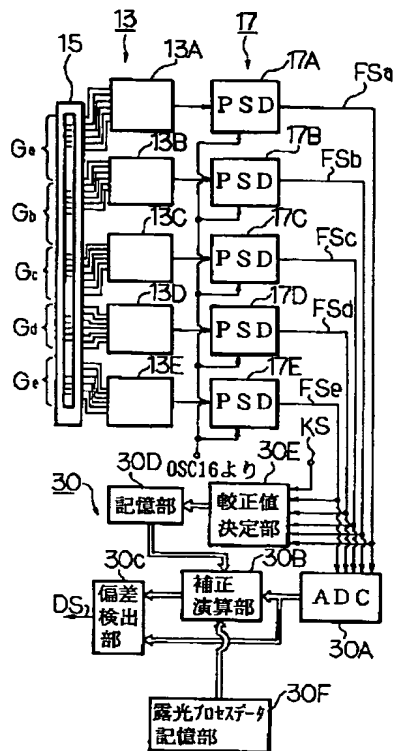
【図4】



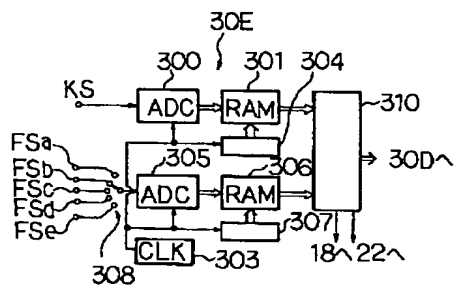
【図6】



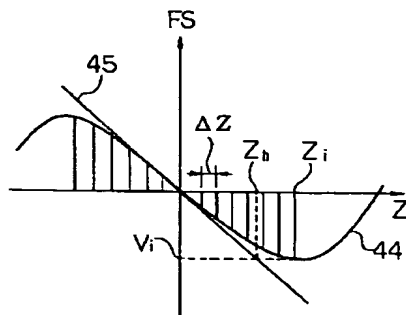
【図 7】



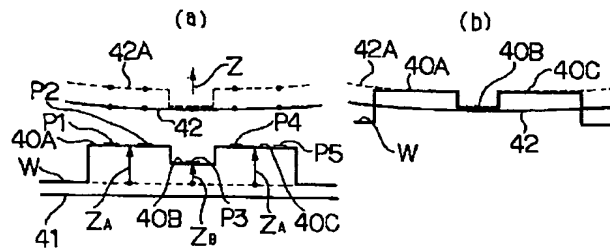
【図 9】



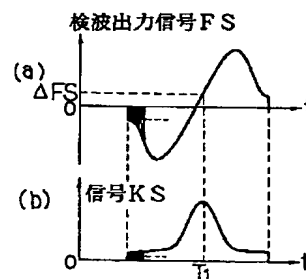
【図 13】



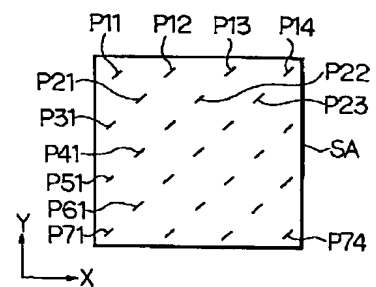
【図 8】



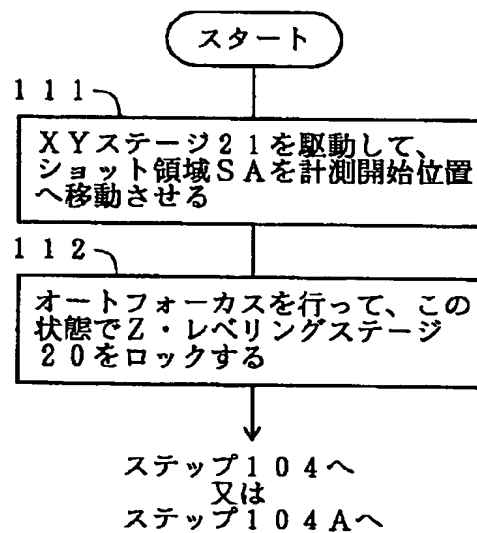
【図 10】



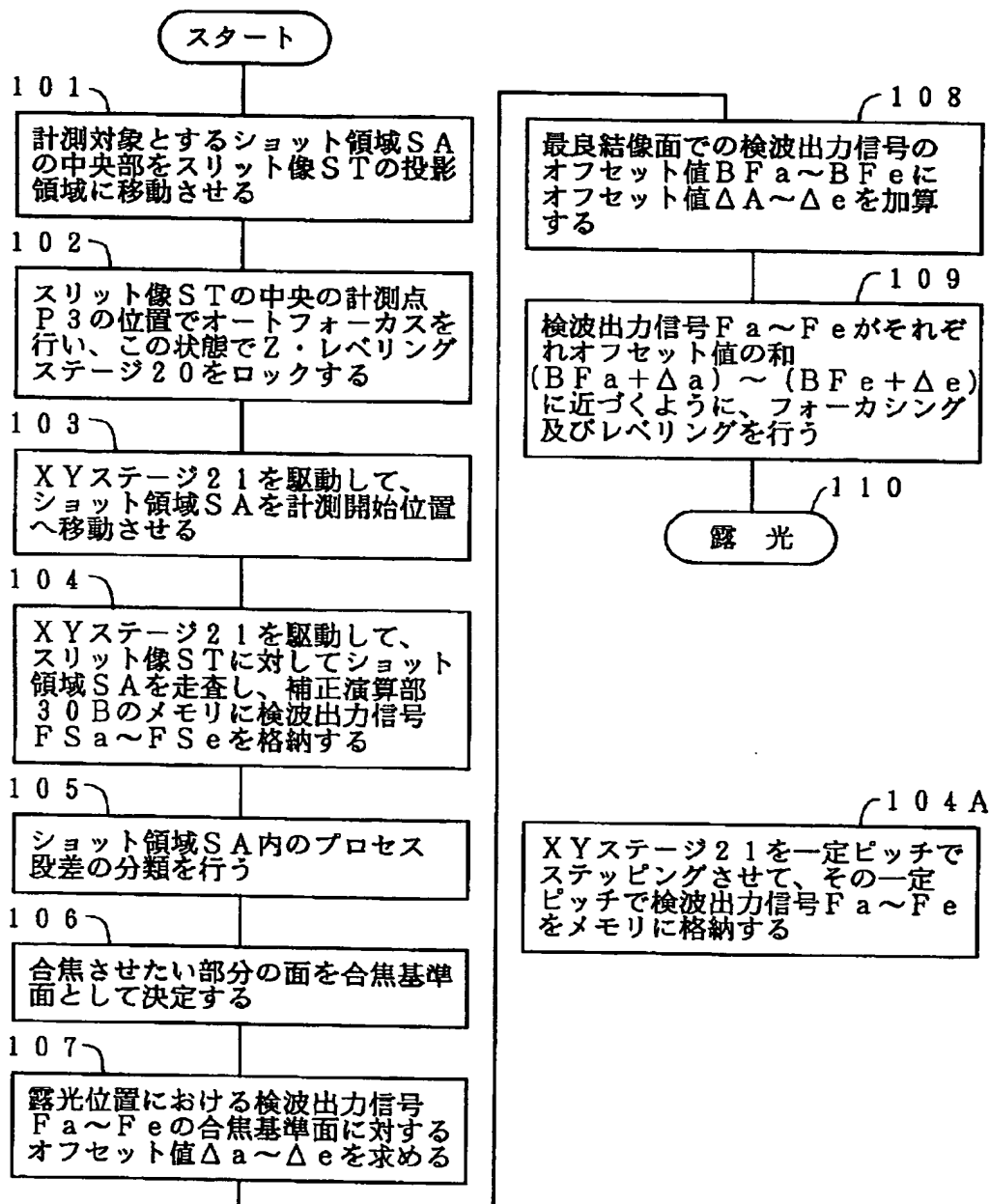
【図 14】



【図 12】



【図 11】



【図15】

